N° 6 1940-1941

Revue générale des Sciences pures et appliquées

Fondateur : L. OLIVIER (1890-1920).
Directeurs : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937).
Directeur :
R. ANTHONY, Professeur au Muséum national d'Histoire Naturelle.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Dr Gaston DOIN,
8, Place de l'Odéon, Paris (VIe)

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Sur les fondements de l'Arithmétique [1].

1. L'expérience sensible apprend qu'il existe des collections d'objets distincts, et que les objets d'une collection peuvent être *comptés*, c'est-à-dire mis en correspondance biunivoque avec les éléments d'une collection-type, constituée par exemple par les doigts de la main, ou par certains mots, ou par certains signes. Ce comptage donne un résultat, le « *nombre* » des objets de la collection. L'ensemble de ces résultats, ou ensemble des *entiers naturels*, sera désigné par E. Il a certaines propriétés qu'il convient d'énoncer explicitement [2]. Beaucoup d'autres ensembles les possèdent d'ailleurs.

2. A. Entre deux éléments quelconques a et b de E existe une relation réciproque d'ordre, qui s'énonce sous les deux formes équivalentes : a est avant b ($a < b$), ou b est après a ($b > a$).

B. Il existe un élément, noté 1, qui est avant tout autre.

C. Si b est après a, et c après b, alors c est après a.

D. Quel que soit l'élément a, il existe, après lui, un élément *immédiatement suivant*, noté sa, tel qu'il n'existe aucun élément qui soit après a et avant sa. Pour tout élément a autre que 1, il existe, avant lui, un élément *immédiatement précédent*, noté pa, tel qu'il n'existe aucun élément qui soit avant a et après pa. On a toujours $spa = psa = a$.

E. *Axiome de récurrence*. Soit P(n) une proposition dans l'énoncé de laquelle figure un élément indéterminé n, un ou plusieurs éléments déterminés pouvant éventuellement y figurer aussi. Si P(1) est vraie, et si, quel que soit n, P(sn) est conséquence logique de P(n), P(1), et des axiomes ou de propositions antérieurement établies [3], alors P(n) est vraie quel que soit n.

3. Un ensemble est dit *pourvu d'une loi de composition* [4] si, à tout arrangement ab de deux éléments, distincts ou non, de l'ensemble, *correspond* un élément déterminé c. Cet élément c est dit le *composé des éléments a et b*, dans cet ordre.

Introduisons, dans l'ensemble E, une première loi de composition, dite additive, notée +, et définie comme suit.

Le composé additif de a et 1 est sa ($a + 1 = sa$) [5]; le composé additif de a et b est le suivant du composé additif de a et pb :

$$(1) \qquad a + b = s(a + pb),$$

Si l'on désigne pb par b', donc b par sb', cette formule s'écrit

$$(2) \qquad a + sb' = s(a + b'),$$

$$\text{ou } a + (b' + 1) = (a + b') + 1.$$

Cette définition est valable en vertu de l'axiome E de récurrence.

Si l'on effectue l'opération de comptage, d'abord sur deux collections C et C', puis sur la collection C'' obtenue en adjoignant à C les objets de C', soit d'un seul coup, soit successivement, on a une image concrète de la loi de composition abstraite qui vient d'être définie.

Cette loi de composition est associative, c'est-à-dire

$$(3) \quad \text{P}(n) \quad a + (b + n) = (a + b) + n.$$

En effet, P(1) est vraie; c'est la seconde forme de (2). Or P(n) a la conséquence

$$s[a + (b + n)] = s[(a + b) + n].$$

Par application de (2), on a successivement

$$s[a+(b+n)] = a+s(b+n) = a+(b+sn),$$

et de même

$$s[(a+b)+n] = (a+b)+sn.$$

Ainsi P(n) a la conséquence

P (sn) $\quad a+(b+sn) = (a+b)+sn.$

Cette loi de composition vérifie la formule

(4) P (n) $\quad s(a+n) = sa+n.$

En effet P(1) est vraie, car ses deux membres sont ssa. Or P(n) a la conséquence

$$ss(a+n) = s(sa+n).$$

Par application de (2), on a

$$ss(a+n) = s(a+sn),\ s(sa+n) = sa+sn.$$

Donc P(n) a la conséquence

P (sn) $\quad s(a+sn) = sa+sn.$

Cette loi de composition est commutative, c'est-à-dire

(5) P (n) $\quad a+n = n+a.$

En effet, P(a) est vraie, ses deux membres étant identiques. Or P(n) a la conséquence

$$s(a+n) = s(n+a),$$

qui, d'après (2) et (4), s'écrit

P (sn) $\quad a+sn = sn+a,$

4. Introduisons maintenant une deuxième loi de composition, dite multiplicative, notée $\times$, et définie comme suit.

Le composé multiplicatif de a et 1 est $a\times 1 = a$. Le composé multiplicatif de a et b est composé additif de deux éléments, dont le second est a, le premier étant le composé multiplicatif de a et pb :

(6) $\quad a\times b = (a\times pb)+a.$

Si l'on désigne pb par b', cette formule s'écrit

(7) $\quad a\times sb' = (a\times b')+a.$

Cette définition est valable en vertu de l'axiome E de récurrence.

Une image concrète de cette loi abstraite est fournie par la réunion de plusieurs collections « égales ».

5. *La composition multiplicative est distributive par rapport à la composition additive*, c'est-à-dire

(8) P (n) $\quad (a+b)\times n = (a\times n)+(b\times n).$

En effet, P(1) est vraie, ses deux membres étant $a+b$. Or P(n) a la conséquence

$$(a+b)\times n+(a+b) = (a\times n)+(b\times n)+(a+b).$$

D'après (3), (5), (7), cette formule s'écrit

P (sn) $\quad (a+b)\times sn = (a\times sn)+(b\times sn).$

La composition multiplicative est associative, c'est-à-dire

(9) P (n) $\quad (a\times b)\times n = a\times(b\times n).$

En effet, P(1) est vraie, ses deux membres étant $a\times b$. Or P(n) a la conséquence

$$(a\times b)\times n+(a\times b) = a\times(b\times n)+(a\times b).$$

D'après (7), le premier membre est $(a\times b)+sn$. D'après (8), puis (7), le second membre est

$$a\times[(b\times n)+b] = a\times(b\times sn).$$

On a donc

P (sn) $\quad (a+b)\times sn = a\times(b\times sn).$

La composition multiplicative vérifie

(10) P (n) $\quad (a\times n)+n = sa\times n.$

En effet, P(1), ou $a+1 = sa$, est vraie. Or P(n) a la conséquence

$$(a\times n)+n+sa = sa\times n+sa.$$

D'après (7), le second membre est $sa\times sn$. Au premier membre, on a, en appliquant successivement (4) et (5),

$$n+sa = sn+a = a+sn,$$

donc le premier membre est

$$(a\times n)+a+sn = (a\times sn)+sn.$$

On a donc

P (sn) $\quad (a\times sn)+sn = sa\times sn.$

La composition multiplicative est commutative, c'est-à-dire

(11) P (n) $\quad a\times n = n\times a.$

En effet, P(a) est vraie, les deux membres étant identiques. Or P(n) a la conséquence

$$(a\times n)+a = (n\times a)+a.$$

D'après (7), le premier membre est $a\times sn$. D'après (10) où l'on a échangé a et n, le second membre est $sn\times a$. On a donc

P (sn) $\quad a\times sn = sn\times a.$

6. Quand un ensemble est pourvu d'une loi de composition, une question se pose naturellement : étant donnés deux éléments a et b, existe-t-il un élément x et un élément y tel que b soit le composé de a et x, et aussi le composé de y et a? On sait qu'un *groupe* est un ensemble pourvu d'une loi de composition associative, telle que, quels que soient a et b, les éléments x et y existent toujours. Quand la loi de composition est commutative, les éléments x et y se confondent.

En ce qui concerne les entiers naturels, dans chacune des deux lois de composition qui ont été définies, le composé est toujours après chacun des deux composants. Il ne peut donc exister un élément x tel que $b = a+x$ que si b est après a. Mais, *si n est après a, il existe toujours un élément x tel que $a+x = n$*. En effet, désignons par E_a l'ensemble des éléments de E qui sont après a, et par E'_a l'ensemble des éléments $a+c$, c parcourant E. Tout élément de E'_a est évidemment un élément de E_a. Inversement, soit n un élément de E_a. Si n est sa, c'est l'élément $a+1$ de E'_a. Si n est après sa, procédons par récurrence. En admettant que pn soit l'élément $a+c$ de E'_a, alors n sera l'élément $s(a+c) = a+sc$ de E'_a. Ainsi E_a se confond avec E'_a ; donc, quel que soit b dans E_a, il existe toujours x tel que $a+x = b$[6]. Au contraire, *si, a étant différent de 1, b est après $a\times n$ et avant $a\times sn$, il n'existe aucun élément y tel que $a\times y = b$*. En effet, ceci n'a lieu ni pour $y = n$, ni pour $y = sn$. Si y est avant $n = y+z$, il résulte de la distributivité que $a\times n = a\times y + a\times z$ est après $a\times y$; donc b, qui est après $a+n$, est après $a+y$. Si sn est avant $y = sn+z, a\times y = a\times sn+a\times z$ est après $a\times sn$, donc après b[7].

Ainsi, par la loi de composition additive, l'en-

semble E des entiers naturels n'a pas d'élément-unité; c'est simplement un *corps*. Par la loi de composition multiplicative, cet ensemble a un élément-unité; il existe au plus un élément y tel que $a \times y = b$, a et b étant donnés; un tel élément y n'existe pas toujours. L'ensemble E constitue un *semi-groupe*.

7. Le passage de l'arithmétique pure à l'algèbre se fait par deux opérations successives, deux extensions successives du domaine des entiers naturels, de manière à obtenir d'abord un *semi-champ*, puis un *champ*.

Un semi-champ sC est un ensemble pourvu de deux lois de composition associatives et commutatives, la deuxième étant distributive par rapport à la première. Par la première de ces lois, dite additive, et notée $|+|$, les éléments de sC forment un *groupe*. Autrement dit, il y a un élément-unité, noté u_0, tel que $a \,|+|\, u_0 = a$ quel que soit a; tout élément a comporte un élément « inverse » a' tel que $a \,|+|\, a' = u_0$. Par la deuxième loi, dite multiplicative, et notée $|\times|$, les éléments de sC autres que u_0 forment seulement un semi-groupe. La loi porte cependant sur tous les éléments de sC, mais la distributivité exige que u_0 ait le rôle singulier

$$a \,|\times|\, u_0 = a, \qquad \text{quel que soit } a.$$

Il en résulte

$$a \,|+|\, (b \,|\times|\, u_0) = a \,|+|\, u_0 = a,$$

quels que soient a et b.

Il y a donc un élément-unité u_1 tel que $a \,|\times|\, u_1 = a$ quel que soit a; et, pour tout élément c autre que u_0, l'égalité $c \,|\times|\, x = c \,|\times|\, y$ exige $x = y$[8].

8. Voici comment peut se faire la première extension du domaine E. On prendra pour éléments les symboles $(a + bx)$, a et b parcourant E, et x étant *uniquement* destiné à énoncer les lois de composition[9].

Première loi. 1° La composition additive est définie par

$$(a + bx) \,|+|\, (a' + b'x) = [(a + a') + (b + b')x].$$

2° Quel que soit c, $(c + cx)$ représente l'élément-unité,

$$(a + bx) = (a + bx) \,|+|\, (c + cx) = [(a + c) + (b + c)x].$$

Il est aisé de vérifier la commutativité et l'associativité.

Deuxième loi. La composition multiplicative est définie par

$$(a + bx) \,|\times|\, (a' + b'x) = [(aa' + bb') + (ab' + ba')x].$$

D'après cette loi, $(sc + cx)$ est élément-unité quel que soit c. En effet, les deux termes du composé avec lui de $(a + bx)$ sont

$$a.sc + bc = ac + a + bc = a + c\,(a + b)$$
$$ac + b.sc = ac + bc + b = b + c\,(a + b).$$

Il est aisé de vérifier l'associativité, la commutatitivité, et la distributivité. On voit donc que la composition des nouveaux symboles se ramène à celle des entiers naturels. Le signe $+$ dans $(a + xb)$ n'indique aucune composition. L'écriture aa' est pour $a \times a'$.

La première loi définit bien un groupe, car tout élément $(a + bx)$ a l'inverse additif $(b + ax)$. Au contraire, pour que $(a' + b'x)$ soit inverse multiplicatif de $(a + bx)$, il faut

(12) $aa' + bb' = s\,(ab' + ba') = ab' + ba' + 1$.

Si $a = b + c$, (12) entraîne

(13) $ca' + b\,(a' + b') = cb' + b\,(a' + b') + 1$,

ou $ca' = cb' + 1$;

Donc b' doit être avant $a' = b' + c'$, et (13) entraîne

$cb' + cc' = cb' + 1$, ou $cc' = 1$, donc $c = c' = 1$.

Si $b = a + c$, (12) entraîne

(14) $cb' + a\,(a' + b') = ca' + a\,(a' + b') + 1$,

ou $cb' = ca' + 1$.

Donc a' doit être avant $b' = a' + c'$, et (14) entraîne

$ca' + cc' = ca' + 1$, ou $cc' = 1$, donc $c = c' = 1$.

Ainsi parmi les $(a + bx)$, il y en a exactement deux qui ont un inverse multiplicatif. Ce sont l'élément-unité $(sb + bx)$ et l'élément $(b + sb.x)$, inverse additif du premier. Chacun d'eux est son propre inverse multiplicatif.

Il est impossible que les composés multiplicatifs de $(a + bx)$ avec deux symboles distincts $(c + dx)$ et $(c' + d'x)$ soient un même symbole. En effet, on peut toujours supposer $c' = c$, et, des deux autres entiers, désigner par d celui qui est après l'autre, en sorte que $d = d' + k$. Alors le second composé multiplicatif est $[(ac + bd' + (ad' + bc)x]$; le premier est $[(ac + bd' + bk) + (ad' + ak + bc)x]$. L'égalité exige $bk = ak$; soit $b = a$. Elle ne peut avoir lieu que si $(a + bx)$ est élément-unité du groupe additif.

Ainsi la deuxième loi définit un semi-groupe.

9. Evidemment, le semi-champ sC des $(a + bx)$ *ne contient* pas l'ensemble E. Mais soit E' l'ensemble des $(a + bx)$ où b est avant $a = b + c$. Il y a correspondance biunivoque entre les éléments $[(b + c) + bx]$ de E' et les entiers c de E. Si $a = b + c$ et $a' = b' + c'$, on a $a + a' = b + b' + c + c'$, et $aa' + bb' = ab' + ba' + cc'$. Ainsi les deux composés de deux éléments en correspondance sont aussi en correspondance. Ainsi, *au point de vue de la double composition, chacun des ensembles est une image de l'autre*. On peut dire, en empruntant l'expression à la théorie des Groupes, qu'ils sont *isomorphes*.

On peut en déduire une autre représentation du semi-champ. A $(a + ax)$, on fait correspondre le symbole O; à $(a + bx)$ où $a = b + c$, le symbole $(+c)$; à $(a + bx)$ où $b = a + c$, le symbole $(-c)$. On déduira les deux lois de composition de cette correspondance et de celles du semi-champ des $(a + bx)$. Ce sont les formules usuelles du calcul « des nombres positifs et négatifs ». Mais alors qu'une formule suffit pour chacune des lois du semi-champ des $(a + bx)$, il en faut quatre, pour chacune des lois du semi-champ des $(\pm c)$ et O.

Suivant une remarque déjà faite, le semi-champ

des « entiers algébriques » ne *contient* pas le domaine des entiers naturels. Mais ce domaine est isomorphe à celui des $(+c)$[10].

8. D'un semi-champ on passe à un champ par un procédé *général*. Soit sC un semi-champ défini comme au n° 7. Nous désignerons par $a+b$ le composé additif, et par ab le composé multiplicatif des deux éléments a et b du semi-champ, u_0 et u_1 désignant toujours les deux éléments-unités. On prendra comme éléments les symboles a/b, a parcourant sC, et b parcourant sC sauf u_0.

Première loi. 1° La composition additive est définie par

$$a/b \mid + \mid a'/b' = (ab' + ba')/bb'.$$

2° u_0/b représente, quel que soit b, l'élément-unité. Donc

$$a/b = a/b + u_0/b' = (ab' + bu_0)/bb' = ab'/bb',$$

quel que soit b'.

Si a' est, dans sC, l'inverse additif de a, soit $a + a' = u_0$, a/b a l'inverse a'/b. En effet

$$a/b \mid + \mid a'/b = b(a + a')/bb = (a + a')/b = u_0/b$$

Il est aisé de vérifier l'associativité et la commutatitivité. Cette première loi définit donc un groupe.

Deuxième loi. La composition multiplicative est définie par

$$a/b \mid \times \mid a'/b' = aa'/bb'.$$

Donc a'/a' représente, quel que soit a', l'élément-unité, et tout élément a/b a l'inverse b/a. Il est aisé de vérifier l'associativité, la distributivité, la commutativité. Cette deuxième loi définit un groupe, et les a/b sont éléments d'un champ C.

Comme précédemment, le champ C ne *contient* pas le semi-champ sC; mais les c/u_1, c parcourant sC, forment un semi-champ sC' isomorphe à sC[11].

Quand sC est le semi-champ des entiers algébriques[12], C est le champ des nombres rationnels, dans lequel les équations $a + x = b$, $ax = b$ ont toujours les solutions uniques $x = b + a'$, $x = ba''$, a' et a'' étant les inverses additif et multiplicatif de a.

M. Potron,
Professeur à l'Institut Catholique.

NOTES

1. Un article récemment paru dans cette Revue (t. 51, 1940, p. 48) se termine ainsi : « Le but principal de cet article, c'était de faire voir une séparation nette entre l'arithmétique pure et l'algèbre, et de montrer que la première représente une discipline mathématique absolument exacte, tandis que, avec la seconde, commencent les conventions, les incertitudes et les difficultés de la science mathématique ». On va voir, au contraire, que la généralisation de l'arithmétique pure par l'algèbre se fait de façon absolument régulière, conformément aux principes de disciplines plus générales, dont l'arithmétique pure. et l'algèbre, ne sont que des applications particulières.

2. L'arithmétique n'est vraiment axiomatisée que si, une fois certains axiomes posés, tout recours ultérieur à « l'intuition du nombre » devient inutile.

3. Cette condition est essentielle.

4. Cette notion de composition, qui est fondamentale, ne doit pas être confondue avec la relation d'ordre.

5. Le signe = signifie simplement que les deux opérations, ou suites d'opérations, indiquées par les deux membres de la formule, donnent, comme résultat, *le même* élément.

6. On *peut* donner à cette opération le nom de « soustraction ».

7. En ce cas, on a $b = a \times n + r$, r étant avant a. C'est la *division* ordinaire des entiers.

8. Ainsi, dans le domaine de l'algèbre, les éléments forment, soit un groupe et un semi-groupe, soit deux groupes. Dans le domaine de l'arithmétique, ils forment seulement un corps et un semi-groupe.

9. On pourrait enlever tout caractère artificiel à l'introduction de ces symboles en considérant d'abord le domaine des polynômes en x de divers degrés ayant pour coefficients des entiers naturels. Les règles usuelles du calcul des polynômes introduisent dans ce domaine deux lois de composition, en vertu desquelles ses éléments forment deux corps. On peut ensuite établir la théorie des congruences mod $(x + 1)$, la relation $A(x) \equiv B(x)$ signifiant que l'on a une des quatre égalités $A(x) = B(x)$, ou $A(x) + (x + 1) P(x) = B(x)$, ou $A(x) = B(x) + (x + 1) Q(x)$, ou $A(x) + (x + 1) P(x) = B(x) + (x + 1) Q(x)$, $P(x)$ et $Q(x)$ étant deux polynômes quelconques du domaine. On démontre alors que l'on a $A(x) = a_m x^m + a_{m-1} x^{m-1} \ldots + a_0 \equiv bx + a$, $b = a_1 + a_3 + \ldots$, $a = a_0 + a_2 + \ldots$ On démontre auss que chacune des compositions conserve les relations de congruence. De là, pour les symboles $(a + bx)$, les lois de composition énoncées.

On a, par exemple :

$$cx + c + (x + 1)(x + 1) = (x + 1)[x + (c + 1)].$$

Si donc $A(x)$ désigne $bx + a + cx + c = (b + c)x + (a + c)$, on a :

$$A(x) + (x + 1)(x + 1) = (bx + a) + (x + 1)[x + (c + 1)],$$

d'où :

$$(b + c)x + (a + c) \equiv bx + a.$$

C'est le 2° de la première loi.

Le principe de cette méthode est dû à Hermann-Schubert, *System der Arithmetik und Algebra*, 1885. Cf. Cahen : *Théorie des Nombres*, t. 1, 1914, p. 49.

10. Les symboles $(a + bx)$, ou les symboles correspondants $(\pm c)$, n'ont *par eux-mêmes*, aucune relation d'ordre. Mais, en raison de l'isomorphisme, et de la relation $(+c) + (-c) = 0$, on peut *convenir* que, si a est après b, $(+a)$ est après $(+b)$ et $(-a)$ avant $(-b)$, et que 0 est après tout $(-c)$ et avant tout $(+c)$.

11. En particulier, on a $a/b \times b/u_1 = ab/bu_1 = a/u_1$.

12. En ce cas, il faut remplacer u_0 par o et u_1 par $(+1)$. Les nombres rationnels peuvent former, de bien des manières, une suite ordonnée. L'ordre dit de grandeur croissante est défini par la convention suivante, que suggère l'isomorphisme : les nombres rationnels a/b et a'/b' ont les mêmes relations « d'ordre » que les entiers ab' et ba'.

L'ACTE DE LA DESTRUCTION

Les conduites de l'homme telles qu'on les observe sur des individus bien portants sont aujourd'hui le plus souvent très compliquées à la suite d'une longue évolution et il est utile pour les comprendre de rechercher leurs formes les plus simples et d'étudier les modifications des actes humains dans les diverses maladies de l'esprit qui nous présentent de véritables expériences naturelles. La physiologie ne s'est développée qu'avec les expériences de vivisection de Claude BERNARD, le psychologue ne peut pas faire de vivisections pour modifier expérimentalement les phénomènes et rechercher leurs conditions, il est obligé de se servir des modifications que lui présentent la maladie et la guérison et les études de psychiatrie sont aussi nécessaires pour le psychologue que les expériences de vivisection pour le physiologiste. C'est à ce point de vue que je voudrais attirer l'attention sur les formes élémentaires des actes de destruction chez certains malades.

1. Les observations.

Un jeune homme de 31 ans que je désigne sous le nom de Raphaël à cause de ses amusantes prétentions à la peinture est un psychasthénique constitutionnel de forme relativement simple. Il présente les doutes, les manies de la perfection et de la vérification, il s'impose des règles compliquées pour perfectionner son raisonnement et même quelquefois sa respiration. Il a surtout des manies de la propreté et il se livre à des travaux compliqués et interminables pour tenir ses vêtements absolument propres, pour bien mettre en ordre et pour faire briller toutes les parties de sa bicyclette qu'il vérifie sans cesse, « car, dit-il, il faut tout entretenir admirablement pour bien stabiliser la vie ».

Ce travail pour nettoyer un pantalon ou pour vérifier et faire reluire tous les rouages d'une bicyclette se prolonge pendant des heures : au début il est effectué avec une certaine ardeur et même une certaine satisfaction, puis après deux ou trois heures il devient fatigant, pénible, et enfin tout à fait odieux. Mais alors survient tout d'un coup et malheureusement assez souvent, un renversement bizarre de la conduite : Raphaël prend des ciseaux, des couteaux et déchire son pantalon en tout petits morceaux, il frappe sa bicyclette à coups de marteau jusqu'à ce qu'elle soit réduite en pièces tout à fait méconnaissables. Il détruit ainsi une foule d'objets, des tableaux, des objets nécessaires pour sa peinture et même des billets de banque. Il ne peut s'arrêter et s'éloigner de l'objet devenu odieux que lorsque l'objet complètement détruit ne peut plus être reconnu, quand on ne peut plus dire qu'il s'agit d'un morceau de pantalon ou d'un fragment de bicyclette. Il s'éloigne alors des débris avec un esprit plus tranquille, mais, quand il réfléchit, il regrette ces actes qui finissent par lui coûter cher et il n'est pas sans inquiétude sur ces impulsions à la destruction qui peuvent un jour le pousser à frapper sa sœur, son chef de bureau ou lui-même.

De temps en temps le malade reconnaît qu'il y a de la comédie, de l'exagération volontaire dans ces fureurs destructrices, mais en général le mécanisme de ces actes dépend de causes plus profondes dont il ne se rend pas compte. Il s'agit du renversement de l'action et du sentiment, de l'apparition d'un sentiment de haine tels qu'ils se présentent dans les crises de mélancolie anxieuse[1]. L'acte de nettoyage, de vérification était au début plutôt excitant et déterminait *la réaction de l'effort*, puis il est devenu odieux et donne naissance à *la réaction mélancolique de l'échec* et à toutes les agitations et les décharges pour le supprimer.

Il n'est pas facile de supprimer une action qui est stimulée par un objet extérieur à la portée des sens chez un individu qui a bien peu de volonté réfléchie. Une solution assez facile est celle de la fugue qui consiste à s'enfuir le plus loin possible de l'objet ou de la situation et c'est là une conduite assez fréquente chez les mélancoliques. Une autre solution inventée par les hommes consiste à supprimer autant que possible la stimulation extérieure qui éveille la tendance à cet acte devenu odieux : c'est là le point de départ de l'invention des actes de destruction. Remarquons un détail de la conduite de Raphaël, c'est un acharnement curieux sur les débris de l'objet. Il examine minutieusement des billets de banque pour arriver à se convaincre de leur authenticité; quand il n'y parvient pas, il déteste ces billets, il les déchire en tout petits morceaux jusqu'à ce qu'on ne puisse plus lire une lettre; quand il déchire un pantalon il faut que les petits

1. Une partie de cette étude a été présentée dans le volume « *livre de homenahem eos Professores Alvaro e Miguel Osorio de Almeida*, professeurs de physiologie à Rio-de-Janeiro, Brésil, 1939. Cette étude ayant paru montrer un caractère intéressant de la psychologie pathologique, je la reproduis ici avec quelques compléments.

1. I. Cf. *De l'angoisse à l'extase*, 1928, II, p. 331, 354.

morceaux de drap puissent appartenir à un autre vêtement et ne rappellent plus en rien la perception d'un pantalon. Comme c'est l'acte déterminé de nettoyer un pantalon qui est devenu odieux, il ne faut plus que le fragment perçu éveille le moins du monde l'idée d'un pantalon, car il provoquerait encore une activation si angoissante. Pour que cette activation soit complètement supprimée, pour provoquer la décharge des forces accumulées et supprimer l'angoisse, il faut complètement supprimer la perception de l'objet et détruire les caractères qui déterminaient cette perception.

La destruction peut se présenter chez les malades d'une autre manière : une jeune femme de 30 ans qui présente une démence précoce en évolution a débuté par une crise grave de mélancolie anxieuse dans laquelle elle a fait une tentative dangereuse de suicide. Elle a des impulsions non seulement à détruire des objets, à briser des vases, à déchirer des vêtements, des photographies, des lettres, mais encore à frapper ses gardes et à se détruire elle-même. Comme d'autres malades elle veut arrêter toute activité des autres : « c'est extraorinaire, c'est immoral, il faut arrêter tout cela ». En même temps elle affirme que tout est détruit autour d'elle : « on retourne les portes, on les a brisées, on a mis des trappes partout en ouvrant les planchers. Les murs tombent et se rapprochent, la chambre devient toute petite, le parquet grince, se gondole... je suis dans la partie la plus croulante de la maison, tout est de travers dans une maison en carton qui s'écroule... Je ne sais comment vous avez pu venir, mais vous ne pourrez plus descendre, car l'escalier est écroulé », elle marche en glissant ou sur la pointe des pieds « sur ce parquet démoli et mouillé par les urines qui passent sous les portes ». Il n'y a d'ailleurs que des catastrophes dans tout Paris et « le bois de Boulogne est incendié » car elle affirme l'avoir lu dans le journal. Les observations de ce genre sont assez fréquentes, je rappelle l'article de WIMMER (de Copenhague)[1]; l'observation de notre malade reste intéressante parce que la malade réunit les actes de destruction réellement effectués par elle et le sentiment hallucinatoire des destructions effectuées par les autres : « on tue des gens ici... c'est la gazière qui me gonfle le ventre... vous m'espionnez, vous m'étranglez, vous faites écrouler la maison sur moi... C'est ma mère qui embrouille tout, qui m'exploite en disant que j'ai mis mes amis en danger... tout le monde m'en veut et cela me fait tellement mal ». Je n'insiste pas sur les idées de persécution qui commencent à se développer : elles dépendent d'une confusion entre les idées propres au malade et celle qu'il prête aux autres, d'un trouble profond de la répartition des phénomènes psychologiques dans l'objectivation pathologique. Il rappelle seulement des études sur les actes de destruction et sur les conditions qui les imposent aux malades.

2. La destruction.

L'acte de la destruction qui survient dans ces conditions se présente à bien des points de vue comme l'opposé de l'acte de construction qui est si important. Celui-ci consiste, comme on le sait, dans l'invention d'une combinaison de mouvements qui permettent à un acte sous forme de représentation de parvenir à la phase de la consommation Le potier qui perçoit la marmite ou qui se la représente ne peut consommer d'une manière complète les actes relatifs à cette marmite, il ne peut que se les représenter à la phase de l'érection. Par un certain maniement de l'argile il arrive à créer un objet qui permet la consommation complète de ces actes[1]. L'acte de la destruction est inverse : il consiste à modifier les objets extérieurs de manière à ce qu'ils ne puissent plus se prêter à la consommation de ces actes perceptifs. Cette modification peut être plus ou moins complète : dans l'observation de Raphaël la suppression des caractères perceptifs de l'objet est aussi complète que possible, dans la seconde observation elle est souvent incomplète : « on a tué le Dr JANET, vous n'êtes pas *le vrai* docteur ». La malade ne supprime pas tout à fait la perception qu'elle avait en me voyant, elle en supprime seulement un caractère, la réalité et considère sa perception comme fausse : c'est là le point de départ du problème des sosies dans les maladies mentales.

Ce qu'il faut retenir c'est que ces deux actes élémentaires de la construction et de la destruction peuvent se développer et se transformer de bien des manières. Ils donnent alors naissance à des conduites plus complexes et plus élevées dans la hiérarchie psychologique. L'acte de la production devient la perception de la production, la création des objets artificiels, et quand il se combine avec le langage il forme les notions de finalité, de causalité, de déterminisme, etc. L'acte élémentaire de la destruction présente des complications non moins importantes : Il devient le point de départ de la notion d'obstacle et donne naissance aux conduites si importantes de la mort. Un homme vivant placé devant nous est souvent un obstacle à la consommation d'une action désirée ou une stimulation à des actions pénibles. Les conduites de la mort suppriment en

1. I. *Les débuts de l'intelligence*, 1925. p. 190.

apparence d'une manière bien simple ces obstacles et ces stimulations [1].

Ce qui caractérise nos conduites sociales individuelles, vis-à-vis d'un individu déterminé, c'est que nous avons organisé peu à peu, en grande partie par les actes d'adoption [2] une foule de conduites particulières affectueuses ou haineuses qui se conservent sous la forme de tendances. Pour les animaux la mort est simplement une absence qui se prolonge; or les conduites de l'absence ne suppriment pas les tendances précédemment organisées vis-à-vis d'un individu : elles les maintiennent simplement à la phase de l'érection. On a décrit des chiens qui couchés sur la tombe de leur maître meurent d'épuisement en attendant indéfiniment son retour. Une jeune femme arrêtée par la police dans un cimetière parce qu'elle frappait à coups de pieds et à coups de poing la tombe de sa belle-mère morte depuis plusieurs mois nous paraît une malade parce qu'elle continue après la mort de sa belle-mère à activer des tendances individuelles qu'elle avait formées à l'égard de sa belle-mère pendant la vie de celle-ci : elle gardait ainsi une conduite animale et non une conduite humaine. Dans une autre observation nous disons aussi que Irène est une malade parce que après la mort de sa mère, elle oublie cette mort et se borne à pratiquer la conduite de l'absence.

Les hommes ont transformé très lentement ces conduites animales devant la mort. Les sociologues ont décrit une conduite très curieuse chez certaines populations dites primitives, la conduite du double enterrement. Le premier enterrement après la mort ne suffit pas pour que le socius soit entièrement mort, c'est-à-dire pour que les membres de la tribu perdent les tendances individuelles qu'ils avaient construites vis-à-vis du mort. Celui-ci est encore redouté ou aimé, soigné, invoqué comme s'il était encore à moitié vivant, simplement absent. Après un certain temps une seconde cérémonie établit nettement le phénomène de la mort, quand les tendances vis-à-vis du mort sont réduites par défaut d'exercice et permettent plus facilement la conduite humaine. Dans son livre intéressant sur « la vie morale et l'au-delà, 1938, p. 151 », M. J. Chevalier soutient que la cérémonie finale n'a pas pour effet d'abolir le souvenir du mort, mais de lui substituer une image tout à fait différente qui se situe dans un autre monde que le nôtre. Mais l'essentiel de ces conduites humaines est toujours une nouvelle réaction à la mort qui consiste dans la dissolution des tendances individuelles précédentes. C'est encore une application de l'acte de destruction appliqué à nos propres tendances comme il arrive dans bien d'autres cas. Le changement d'attitude est bien manifeste dans la conduite de l'héritage : tandis que pendant sa vie nous respections ses biens même en son absence, après sa mort nous les prenons rapidement sans plus tenir compte du propriétaire. L'opération de la destruction est encore ici du même genre quoique son côté sensible soit moins visible. Il est impossible de revenir ici sur les applications pratiques de ces conduites de la mort dans les actes de tuer et dans l'acte du suicide. L'homme a appris à diriger contre lui-même ces conduites de la mort : il a appris que s'il était mort il n'aurait plus à prendre soin de lui même, à surveiller ses propres actes, en un mot qu'il n'aurait plus à agir. L'homme qui a peur de toutes ses actions, qui ne peut plus en désirer ni en rêver aucune ne peut plus vivre ni tolérer sa propre vie : « La vie ne m'est plus possible, je me réfugie hors la vie » et il utilise le seul acte qui lui reste, celui de la destruction de lui-même. Notre observation de Raphaël nous montre la signification et le danger de ces impulsions à la destruction : non seulement ce malade a détruit bien des objets matériels, mais il a frappé des animaux, il a eu dans une de ses crises des idées de tuer le directeur de son bureau qui heureusement n'était pas présent et il commence à avoir de temps en temps des idées de suicide.

Je crois utile cependant d'indiquer un dernier développement intellectuel de ces actes de destruction ; j'ai beaucoup insisté dans mes cours sur *l'évolution de la mémoire et de la notion du temps* sur les relations curieuses qui existent entre nos idées sur la mort et nos idées encore si puériles sur le temps. La notion de la conduite vis-à-vis des morts, la notion de la suppression de toute conduite à leur égard a joué un grand rôle dans la construction du temps passé que nous traitons comme nous traitons les morts. Nous admettons sans preuves que le temps passé est mort, qu'il n'y a plus aucune conduite possible à son égard. Qui sait si cela est bien exact, si l'humanité ne parviendra pas un jour à percevoir ce passé et peut-être à y retourner ?

3. L'évocation et la destruction.

Ces conduites de la destruction jouent dans bien des cas un rôle important, elles permettent de supprimer des obstacles et des souffrances. Mais pourquoi sont-elles évoquées dans des cir-

1. (I, *De l'angoisse à l'extase*, II, p. 281, 350, 367.)

2. *Médications psychologiques*, III, p. 414, 427, *Angoisse et Extase*, I, p. 153, II, p. 554. *Annales médico-psychologiques*, octobre 1937.

constances où elles deviennent dangereuses ? Dans l'observation de Raphaël l'interprétation est peut-être plus facile à comprendre. L'acte commencé à propos d'un objet devient odieux en raison de sa prolongation beaucoup trop grande qui épuise les forces psychologiques : ce caractère odieux de l'acte est projeté sur son objet suivant la loi des perceptions et détermine le besoin de le faire disparaître complètement, de lui enlever les caractères qui stimulent l'activation de la tendance particulière pour faire cesser l'angoisse. L'interprétation paraît moins simple dans la seconde observation qui nous présente d'ailleurs le phénomène sous sa forme la plus commune. Le caractère odieux s'impose non plus à une action particulière mais à peu près à toutes les actions possibles et il dépend non plus d'un épuisement particulier à une tendance, mais d'un épuisement général de tout l'esprit dans un état mélancolique. Cet état est caractérisé par une réaction particulière la réaction de l'échec qui est déterminée à peu près par toutes les actions et qui donne naissance à la peur de l'action. Cette extension de la réaction mélancolique de l'échec impose le même caractère odieux à de simples intentions à des représentations d'actions arrêtées dès leur début à la phase de l'érection, ce qui est le caractère propre des perceptions qui sont des actions suspensives. La simple perception d'un objet à peu près quelconque se présente comme odieux et amène le sentiment que l'objet est bon à détruire, comme le pantalon de Raphaël, qu'il est déjà détruit par des actions de quelque personne qui n'est pas encore désignée mais qui le sera bientôt par le développement des idées de persécution. Les hallucinations du délire de persécution qui ne sont qu'une variété des sentiments d'emprise dépendent en effet d'un mécanisme analogue.

Les hommes n'ont que trop d'occasions de considérer leurs actions comme pénibles, comme odieuses et de chercher à les économiser en faisant disparaître leurs objets.

Pierre Janet.
Membre de l'Institut, Professeur honoraire au Collège de France.

LA THÉORIE DES DEUX RÉGIMES VISUELS SENSORI-MOTEURS (INDÉPENDANCE ET CONJUGAISON) DANS LA SÉRIE DES VERTÉBRÉS

Je dis théorie parce qu'il reste encore quelques points à préciser. Mais la légitimité de l'ensemble ne me semble pas douteuse.

I

Les vertébrés actuels n'ont plus que deux yeux « en ordre de marche », les yeux latéraux. L'œil médian ou pariétal est depuis longtemps hors de fonction.

Chez les vertébrés inférieurs, oiseaux compris, les yeux latéraux fonctionnent, c'est-à-dire voient et se meuvent, indépendamment l'un de l'autre (fig. 1).

Chez les mammifères ils s'associent, ou plus exactement se conjuguent, pour la sensation et le mouvement, mais cela dans des proportions variables qui augmentent des espèces inférieures aux Primates (fig. 2).

L'indépendance originelle des yeux peut dériver de la présence du museau ou du bec qui écarte les globes oculaires et sépare plus ou moins complètement les champs visuels. Quelle qu'en soit la cause cette indépendance des yeux, chez les vertébrés inférieurs, se manifeste extérieurement par l'indépendance de leurs mouvements et s'inscrit dans le système nerveux par la connexion de chaque rétine avec un seul centre percepteur. Chez les mammifères chaque rétine envoie des fibres aux

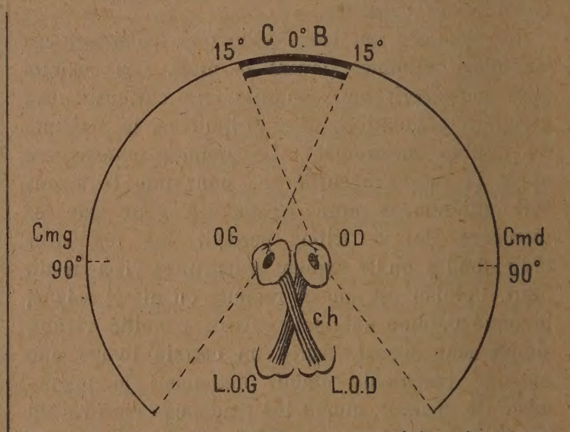


Fig. 1. — *Coupe horizontale des globes oculaires du Pigeon avec la projection périmétrique du champ visuel dans ce même plan.*

O. d., o. g., l'œil droit et l'œil gauche. — Ch. le chiasma (total). Lo. d., Lo. g. lobes droit et gauche du cerveau. Un index lumineux promené entre 15° et 15° sur l'arc périmétrique forme son image simultanément au fond des deux yeux vers la limite temporale (postérieure) des deux rétines. Il y a donc devant l'oiseau, dans le plan horizontal un champ visuel binoculaire de 30°. Cependant les portions de rétines, droite et gauche, qui reçoivent simultanement la même image, la transmettent indépendamment, par l'effet du chiasma total, au centre visuel opposé, sans qu'aucune disposition nerveuse assure le fusionnement de ces images binoculaires. C'est la vision indépendante. Cmd, Cmg, champs monoculaires droit et gauche.

deux centres visuels et les mouvements oculaires sont conjugués.

L'homme, qui de ses deux yeux voit une seule image et qui est extrêmement gêné par la moindre diplopie, est très mal placé pour comprendre que chez les vertébrés inférieurs la vision d'un œil est indépendante de celle de l'autre œil, et que chaque œil voit surtout, ou même exclusivement, pour son compte personnel. Chez les vertébrés inférieurs il en est des yeux comme chez nous des mains : la droite et la gauche peuvent toucher simultanément du fer et du bois et reconnaître ces deux substances sans que notre sensorium soit gêné par le synchronisme des deux sensations différentes.

L'homme serait moins étonné de l'indépendance visuelle de certains animaux s'il connaissait mieux son champ visuel, s'il savait généralement qu'à la limite extérieure de chacun de ces champs visuels il possède une zone en croissant de 30° d'étendue (fig. 2) où la vision est monoculaire et indépendante, tout comme celle des animaux à vision latérale.

Les deux yeux ouverts et fixant devant soi un point déterminé que l'on dresse l'index de chaque main vers la limite temporale du champ visuel de chaque œil. Fermant alors l'un des yeux l'index opposé disparaît ; il est donc vu par le seul œil du même côté. On peut donc voir simultanément un point central en vision binoculaire fovéale et deux points latéraux en vision monoculaire et excentrique. Et cela, chose à remarquer, sans que l'examen attentif du point central gêne aucunement la vision des deux points périphériques, sans que l'attention portée sur ces points périphériques nous incite à abandonner la fixation centrale pour regarder à droite ou à gauche. Si, au contraire l'on rapproche progressivement les deux index du centre du champ visuel on ne tarde pas à être gêné dans la vision simultanée du point central et des points latéraux. On a tendance à fixer l'un ou l'autre des doigts qui se rapprochent du centre. C'est que leur image se fait alors non plus sur la région latérale, à vision monoculaire et indépendante des champs visuels, de 60° à 90°, mais bien sur le champ de vision binoculaire dont toute excitation provoque un réflexe de convergence.

Et voici le postulat anatomique qui expliquerait ces phénomènes : la bordure externe des deux rétines a seulement la vision monoculaire parce qu'elle est reliée uniquement au centre cortical opposé par *une partie indépendante* du faisceau croisé du nerf optique, f. c. a (fig. 1), exactement de même que la rétine entière des animaux à chiasma total et à vision indépendante. Au contraire les parties plus centrales des deux rétines, celles qui possèdent la vision binoculaire, sont l'une et l'autre mises en rapport avec le même centre par le faisceau direct et la *partie associée* du faisceau croisé f c p (fig. 1). Seules réellement elles appartiennent au régime de la conjugaison, parce que seules elles sont l'une et l'autre reliées à la même région de l'écorce occipitale.

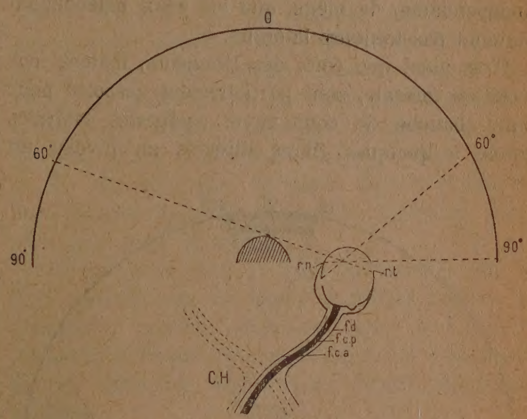


Fig. 2. — *Coupe horizontale de l'œil droit et du chiasma de l'Homme. Projection horizontale des deux régions binoculaire et monoculaire du champ visuel.*

Sur la partie gauche de la figure on voit qu'un index lumineux promené entre 90° et 60° ne peut être vu par l'œil opposé parce que les rayons qu'il émet sont arrêtés par la saillie du nez. Il y a donc là, de 90° à 60°, une zône de vision monoculaire réservée à l'œil du même côté. Du côté droit de la figure la construction optique montre que cette région de vision monoculaire est localisée dans le bord nasal, de la rétine. Cette partie du champ visuel ne se fusionnant pas avec la partie correspondant du champ visuel opposé, ne participant pas à la vision binoculaire a, selon toute vraisemblance, des connexions centrales indépendantes de celles du champ binoculaire, en d'autres termes les fibres qui relient au centre cortical la marge de rétine nasale qui correspond au champ monoculaire du même côté, aboutissent vraisemblablement à une zone de ce centre autre que celle affectée à la vision binoculaire.

C'est ce que nous exprimons dans ce schéma en attribuant au champ monoculaire un fascicule spécial dans le faisceau croisé. Les lettres f. c. a. représentent ce faisceau accessoire, f. c. p. le faisceau croisé principal. F. d. le faisceau direct dont la synergie centrale avec le faisceau croisé de l'œil opposé détermine la vision conjuguée dans les 2/3 du champ visuel.

L'homme possède donc un reste de la vision indépendante des animaux à chiasma total. L'étude sur lui-même de ce mode de vision peut lui faire comprendre bien des particularités de la vision animale. Mais l'aire d'association des deux rétines est devenue chez lui prépondérante et elles ne peuvent fonctionner que grâce à la conjugaison motrice des globes. Celle-ci est devenue totale bien que les rétines ne soient pas associées dans leur totalité. L'homme a oublié ce qui lui reste d'indépendance oculaire et CARREL

lui-même dans son livre « l'Homme cet inconnu » n'a pas rappelé ce point important de physiologie oculaire qui reste en effet inconnu à la plupart des hommes, sinon aux oculistes et aux physiologistes.

II

Les yeux latéraux ne sont pas nécessairement indépendants, de même que les yeux indépendant ne sont pas toujours latéraux.

C'est ainsi que ceux des Rongeurs, malgré leur position latérale, sont partiellement associés pour une ébauche de connexions cérébrales latérales grâce à quelques fibres directes au niveau du chiasma (fig. 3). Au contraire les yeux des Rapaces nocturnes, à demi tournés en avant, ne sont en rapport, par le chiasma total des nerfs optiques qu'avec le lobe optique opposé. Dans deux sens opposés ce sont-là des cas extrêmes qui ne changent rien à la loi d'augmentation du faisceau direct à mesure que les axes optiques se rapprochent, loi qui est générale chez les mammifères.

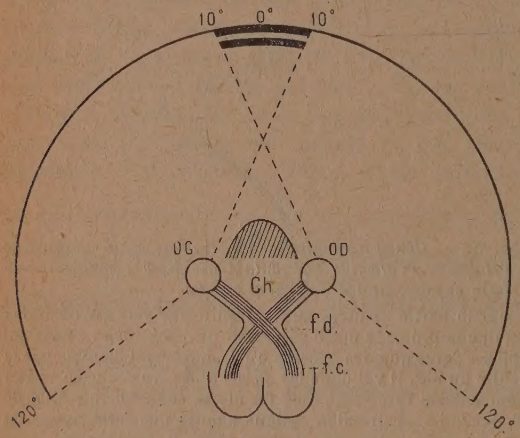


Fig. 3. — *Coupe horizontale du crâne et des yeux d'un Rongeur. Projection horizontale de champ visuel.*

O. d., o. g., l'œil droit et l'œil gauche. — Ch. le chiasma et les bandelettes optiques aboutissant aux moitiés droite et gauche du cerveau. Un index lumineux promené entre 10° et 10°, sur l'arc périmétrique forme simultanément son image au fond des deux yeux vers la partie temporale des deux rétines. Il y a donc un champ visuel binoculaire de 20° dans le plan horizontal. — F. c., le faisceau croisé allant aux centres visuels du côté opposé à l'œil. — F. d., le faisceau direct, rudimentaire chez les Rongeurs, allant aux centres du même côté.

On détermine la position respective des yeux dans le crâne en mesurant l'angle de divergence des deux axes optiques. Il faut ensuite préciser le rapport des deux champs visuels entre eux, savoir s'ils se recouvrent, de combien ils se recouvrent, en d'autres termes quelle est l'étendue angulaire du champ visuel binoculaire et celui des champs monoculaires. Mais cette coïncidence est évidemment d'étendue variable si les yeux sont mobiles indépendamment l'un de l'autre.

Avant de vouloir préciser l'étendue du champ binoculaire d'un animal quelconque il faut donc examiner si les mouvements de ses globes sont indépendants ou conjugués. Dans le premier cas son champ binoculaire est soumis à certaines variations d'étendue, dans le second l'étendue de ce champ est invariable.

Munis de ces données physiologiques, qui sont l'essentiel, nous aurons à rechercher s'il est possible d'en comprendre le mécanisme par l'étude des voies optiques, des voies motrices oculaires et enfin des connexions entre ces deux ordres de voies.

Mais la réalité des deux régimes visuels, c'est-à-dire d'une part l'indépendance sensori-motrice, chez les vertébrés inférieurs, d'autre part la fusion des sensations et la conjugaison des mouvements chez les mammifères, est à notre sens démontrée par la seule considération des mouvements oculaires : *les yeux indépendants ne peuvent fusionner leurs sensations, les yeux conjugués sont contraints de les fusionner.*

Tout le monde connaît l'indépendance des yeux du Caméléon, mais on croit à une exception, à un cas particulier. Persuadé du contraire, j'ai examiné les mouvements oculaires d'un grand nombre d'animaux et voici le résultat de mes observations.

III

Les mouvements indépendants des yeux chez les vertébrés inférieurs.

Il s'agit uniquement ici des mouvements de regard, des mouvements liés à l'exercice de la vision. Chez les Vertébrés inférieurs, Oiseaux compris, les mouvements des globes oculaires ne sont ni symétriques, ni synchrones, et même un œil peut rester fixe tandis que l'autre se meut dans un sens quelconque.

Ces mouvements indépendants peuvent à l'occasion s'associer. Quand un poisson tourne, en général ses deux yeux tournent dans le même sens; le Caméléon converge pour projeter sa langue. Ces associations occasionnelles n'ont avec la conjugaison rien de commun que l'apparence.

Tous ces mouvements oculaires des Vertébrés inférieurs sont en général de petits déclics, courts et précis, ils n'ont jamais l'ampleur et le moelleux des mouvements de l'œil de l'homme.

Beaucoup de Vertébrés inférieurs ont des yeux

fixes. Il est impossible de constater des mouvements de regard chez un certain nombre de Poissons, chez la plupart des Batraciens, chez les Crocodiles et les Serpents, enfin chez beaucoup d'Oiseaux. Chez les Rapaces nocturnes la sclérotique osseuse est soudée aux parois de l'orbite par des tractus fibreux, le globe oculaire fait bloc avec la tête, mais celle-ci peut pivoter de près de 180°.

Nous ferons remarquer que l'immobilité, dans le crâne, d'yeux placés latéralement limite singulièrement l'association visuelle, si même elle ne l'exclut pas tout à fait. C'est anisi que l'Oiseau nous regarde de côté parce qu'il regarde d'un seul œil. Seuls les Rapaces nocturnes regardent en face par suite de la position temporale de leur fovea unique (fig. 4).

Mais à côté des nombreuses espèces dont les mouvements oculaires sont nuls ou assez limités pour rendre leur constatation difficile et incertaine, il y a les espèces, également très nombreuses, dont les mouvements oculaires sont parfaitement appréciables et permettent la constatation certaine de leur indépendance.

Chez certains Poissons il est difficile de constater des mouvements des globes de quelque étendue. Cependant un Cyprin etc., examiné dans de bonnes conditions, c'est-à-dire vu d'en haut dans un petit aquarium, montre un mouvement de latéralité symétrique des deux globes vers le côté où le Poisson va se diriger. On pourrait croire à des mouvements associés analogues à ceux de l'homme. Mais si l'on a la patience d'examiner le Poisson, au cours d'une phase d'immobilité assez longue, on peut généralement apercevoir de petits mouvements *indépendants* des yeux dont les cornées plus saillantes qu'on ne le croit généralement, fournissent un bon repère à l'observation.

Nous avons facilement constaté pareils mouvements indépendants, et d'une assez grande amplitude chez des Vieilles (Labrus) poissons communs dans les laboratoires marins.

Si nous quittons nos habituels Poissons de rivière pour étudier des formes somatiques différentes, nous pouvons rencontrer des Poissons à motilité oculaire extrêmement apparente et toujours caractérisée par l'indépendance des yeux. A cet égard le Professeur Roule nous signale les *Balistes.* Tout récemment nous avons pu observer un Diodon et un Tétrodon, assez proches parents des Balistes, les uns et les autres Poissons à tête large à champs visuels binoculaires, selon toute apparence, restreints, et dont les gros yeux saillants étaient constamment animés de mouvements de déclic rapides et qui ne coïncidaient ni dans la direction ni dans le temps, exactement comme ceux du Caméléon.

Les poissons qui se fixent sur des corps solides ou bien restent immobiles au fond de la mer ont souvent des mouvements oculaires assez étendus et qui compensent l'immobilité du corps.

Chez un petit *Lepadogaster* fixé par sa ventouse à une coquille au fond d'un aquarium du Laboratoire de Roscoff, j'ai constaté des mouvements des yeux extrêmement vifs et fréquents. Il dardait ses yeux, un peu saillants, successivement par brusques saccades dans les diverses directions, et cela tout à fait indépendamment l'un de l'autre, sans synchronisme ni symétrie, suppléant à l'immobilité de son corps par l'extrême mobilité de ses globes, explorant l'espace tout autour de lui par une série de petits déclics oculaires, sans bouger de place, comme le Caméléon, mais avec bien plus de rapidité.

L'Hippocampe dont la nage est lente et qui se fixe souvent par sa queue enroulée comme le Caméléon, possède également des mouvements oculaires indépendants, qu'il est facile d'observer, et que différents auteurs ont depuis longtemps signalés.

La Plie ou la Sole, cachées sous une mince couche de sable que seuls dépassent leurs yeux saillants et comme pédiculisés, les font tourner indépendamment l'un de l'autre pour chercher la proie ou se garer de l'attaque.

Le *Périophtalme*, dressé sur ses nageoires comme un petit Phoque, et sautillant dans la vase la tête hors de l'eau, darde ses yeux pédiculés qui, chacun pour son compte, cherchent les petits Crustacés dont ce curieux Poisson « aérobie » fait sa nourriture. Au bas de la série des Vertébrés, chez les Poissons (car nous manquons trop à cet égard de renseignements concernant les Sélaciens), nous trouvons donc des êtres pourvus d'yeux latéraux dont les champs visuels ne coïncident que dans une étendue limitée et assurent principalement la vision latérale à droite et à gauche. Rien d'étonnant à ce que les mouvements de pareils yeux soient indépendants puisque leur association sensorielle qui paraît dépendre surtout de la forme et de la largeur de la tête, n'est encore qu'à ses débuts et varie beaucoup suivant les espèces.

Chez nos Amphibies de France, Grenouilles, Crapauds, Tritons et Salamandres, qui sont tous de petite taille, nous n'avons jamais pu constater de mouvements oculaires de quelque importance, sauf cependant la rétraction des globes, mouvements de défense dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

Mais le Crapaud qui projette sa langue comme

le Caméléon et avec assez de précision pour cueillir une fourmi à 4 ou 5 centimètres de distance, fait-il à cette occasion un mouvement de convergence des yeux ? nous n'avons pu le constater.

Chez ceux des Reptiles dont la grande cornée occupe toute la fente palpébrale (Crocodiles, Geckos, Serpents) les yeux paraissent immobiles. En revanche les yeux à petite cornée des Tortues et de certains Sauriens ont des mouvements appréciables et indépendants.

Les yeux du Caméléon, très saillants, ont la forme d'une poire dont la petite extrémité est libre, dont la grosse extrémité n'est pas enfoncée profondément dans l'orbite mais joue librement dans une sorte d'énarthrose peu profonde. Ils sont revêtus d'une peau fine et grenue qui se termine en orifice palpébral arrondi, quand elle est ouverte, en fente transversale quand les paupières se ferment. La cornée minuscule et brillante est enfouie au fond de cette fente palpébrale, étroite, véritable *phimosis* palpébral dont la profondeur doit singulièrement limiter le champ visuel.

Les six muscles classiques[1], que l'on retrouve dans toute la série des vertébrés, impriment des mouvements très amples à ces globes allongés et exorbitiques.

La pupille du Caméléon peut être braquée directement en avant et en arrière. C'est dire que les muscles peuvent lui faire décrire un arc de 180° ou environ. Le mouvement en bas est aussi très étendu, le mouvement en haut paraît un peu plus restreint. Chaque œil peut être dirigé dans tous les sens et pointer successivement dans toutes les directions. Cette recherche perpétuelle d'un point de fixation, donne souvent l'impression que le Caméléon voit mal. Il a, en effet, suivant toute vraisemblance, un très petit champ visuel, qui l'oblige à changer à chaque instant son point de vue, comme un homme qui regarde à la lorgnette, ou à travers la main en cornet. Il est malheureusement impossible de mesurer par l'excursion de l'image transclérale le champ visuel anatomique du Caméléon. L'extrême pigmentation de sa rétine la rend absolument opaque, aucune transillumination n'apparaît à la surface extérieure de la sclérotique.

1. Le Dr LEBLANC a donné une Etude des muscles orbitaires de Cameleo vulgaris, dans le Bulletin de la Soc. d'Hist. Nat. de l'Afrique du Nord, Alger, XVI, 1925 p. 49-61, 9 figures. Outre les quatre droits et les deux obliques, l'auteur décrit encore un muscle abaisseur de la paupière inférieure. Il insiste sur la surface relativement considérable de ces muscles, leur autonomie, la rapidité, l'exercice constant des mouvements oculaires du Caméléon, opposés à la lenteur des mouvements du corps et son immobilité habituelle.

Les mouvements oculaires du Caméléon sont plus rapides que ceux de ses membres, toute son activité apparente est dans ses yeux. Ce qui est caractéristique, c'est l'indépendance motrice entre les deux yeux. Un œil peut rester immobile tandis que l'autre bouge, regarder en avant tandis que l'autre regarde en arrière et de même pour tous les mouvements qui font, pour chaque œil, le « roulement en cercle ». Ces mouvements incessants des yeux, déjà décrits par Aristote, paraissent volontaires, non réflexes. Quand rien ne bouge autour du Caméléon quelle cause solliciterait les mouvements de recherche, sinon une cause interne ?

Il n'y a, à l'ordinaire, ni synchronisme, ni symétrie, chaque œil se meut pour son compte, chacun explore indépendamment de l'autre l'espace qui lui correspond et que la petitesse de son champ visuel ne lui permet pas d'embrasser d'une position donnée. Cependant le synchronisme avec dissymétrie est possible, les deux yeux, par exemple, se portant simultanément l'un en avant, l'autre en arrière.

Mais, que sa vue « portée dans tous les sens », lui montre un insecte suffisamment rapproché, environ à 15 ou 20 centimètres de distance, une série de réflexes entrent en jeu : les *deux yeux convergent vers la proie*, la bouche s'entr'ouvre, l'insecte disparaît... et un mouvement de déglutition montre que le Caméléon a englouti sa proie. La langue projetée avec la rapidité de l'éclair, à peine entrevue comme une sorte de nuage (ectoplasme !), a, de son disque terminal élastique et visqueux agglutiné l'insecte et l'a ramené dans la bouche avec la même rapidité.

En même temps qu'il converge, le Caméléon accomode-t-il ? Cela est infiniment probable, il a tout ce qu'il faut pour cela : Cristallin très mou, plat sur sa face antérieure, zonule à très large insertion sur tout l'équateur également large du cristallin, muscle ciliaire strié, peu développé, il est vrai. Et sur l'œil fraîchement énucléé, C. Hess, au moyen de faibles courants électriques, a obtenu la diminution très marquée de l'image cristallinienne antérieure que l'on voit dans l'aire pupillaire de l'œil au repos. En même temps la pupille se contracte et la racine de l'iris recule en se rétractant vers la périphérie, d'où forte tension de l'iris. C'est là ce qui donne un sens à la musculature irienne d'un œil privé de réflexe pupillaire photomoteur. Chez notre Tortue indigène, j'ai également constaté que la pupille ne se contracte pas sous les rayons du soleil le plus intense. Mais si l'on approche le doigt de l'œil de l'animal, la pupille se resserre brusquement. Il

est vraisemblable qu'il s'agit là aussi d'une contraction accommodative, l'iris en se contractant tend à expulser le cristallin à travers la pupille, il en fait saillir la partie centrale qui bombe comme une lentille supplémentaire et réalise l'accommodation.

Mais revenons aux mouvements des globes. Les yeux qui divergeaient en tous sens pour la recherche ont convergé pour l'attaque. Le Caméléon a donc suivant les circonstances, soit une vision monoculaire double, soit une vision binoculaire associée. Celle-ci lui assure sans doute la notion de la distance, et lui permet de ne jamais manquer l'insecte qu'il a repéré. Ce qui prouve combien il règle avec soin sa distance, c'est qu'on le voit quelquefois se rapprocher avec une extrême prudence et lenteur de quelques centimètres, pour se placer à la portée exacte que lui mesurent ses yeux braqués sur sa proie.

Dans les deux cas de vision indépendante et de vision associée, il s'agit chez le Caméléon de vision centrale, de vision maculaire. L'homme avec ses foveae indissolublement associées pour une vision centrale commune se représente mal une dissociation visuelle sans diplopie.

Le strabique alternant ne fixe que d'un œil et l'œil non fixateur n'utilise pas sa vision fovéale. Le Caméléon fixe un objet différent de chacune de ses foveae. Il ne faut donc comparer son mode de vision ni à celui d'aucun strabique alternant, ni à aucun autre type de dissociation pathologique des mouvements oculaires de l'homme. Le pathologique n'équivaut dans aucun cas au physiologique.

Cependant nier un mode de vision irréalisable par notre appareil visuel, appareil organisé pour l'unification des sensations des deux yeux, serait une véritable erreur anthropomorphique. Des connexions nerveuses différentes des nôtres, telles que l'indépendance anatomique des centres de perception droit et gauche, peuvent vraisemblablement réaliser l'indépendance physiologique des yeux.

Au surplus, chez l'Homme même, toute une zone des rétines échappe à la synergie fonctionnelle, au fusionnement des images droite et gauche ainsi que nous l'avons signalé dès le début. Cette synergie est la loi des parties centrales de la rétine, mais des parties centrales seulement. Le croissant externe de chacune de nos rétines qui ne reçoit d'image que de son côté, a une vision indépendante de celle de son congénère du côté opposé. Nous voyons simultanément le point fixé par nos deux foveae, fonctionnellement couplées en une seule, et nous voyons, d'autre part, les objets situés excentriquement à droite et à gauche, et qui ont respectivement leur image sur le croissant externe de chacune de nos deux rétines. Nous avons donc constamment trois zones différentes de vision : une centrale et binoculaire et deux périphériques et monoculaires droite et gauche. Que ces deux dernières aient gardé chez nous leur indépendance, cela nous aide à comprendre, et, dans une certaine mesure, à nous figurer, les deux visions centrales indépendantes du Caméléon.

Mais le Caméléon n'a rien inauguré ! Il a seulement développé le mode de vision de tous ceux de sa race et de ceux qui l'ont précédé; il a utilisé au maximum l'indépendance sensori-motrice des yeux qui est le partage des Vertébrés inférieurs.

Oiseaux. — Les Rapaces diurnes, et surtout les nocturnes, ont des yeux énormes qui, remplissant complètement l'orbite, sont fixés dans le crâne, presque comme une dent dans son alvéole et paraissent absolument immobiles. Beaucoup d'autres Oiseaux n'ont que des mouvements très limités. Les yeux des Perroquets nous ont paru avoir quelque mobilité. On constate également des mouvements non associés des yeux chez beaucoup d'échassiers (Grues), de Palmipèdes (Goeland, etc., Fou de Bassan, Cormoran, Pélican).

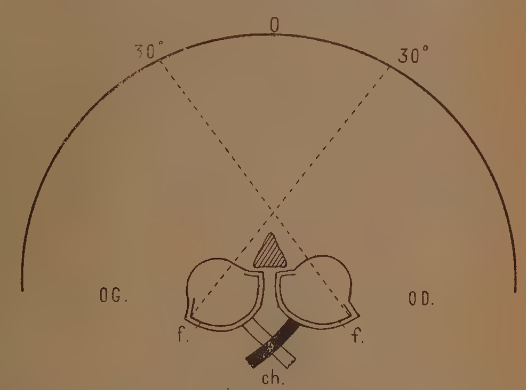


Fig. 4. — *Coupe horizontale des yeux de la chouette chevêche et champ visuel correspondant.*

Od. Og. l'œil droit à l'œil gauche, f, les foveœ (latérales). Il existe devant l'oiseau un champ de 60°, suivant l'horizontale, dans lequel l'index lumineux donne son image sur la moitié temporale des deux rétines. Ce champ est beaucoup plus grand que celui des Rongeurs. Chaque rétine de l'oiseau est cependant en rapport uniquement avec le lobe optique opposé, grâce à un chiasma total Ch, ce qui réalise l'indépendance de la vision centrale droite et gauche.

Mais on les voit le mieux possible chez les Toucans et les Calaos dont les yeux séparés par un bec énorme semblent avoir acquis une indépendance et une mobilité toutes particulières.

En mai 1934 nous avons projeté devant la

Société de Psychologie un film montrant l'indépendance des mouvements oculaires chez *Bucorvus abyssinicus*.

Avec les autres espèces de Calaos cet oiseau est le meilleur objet d'étude pour la constatation des mouvements oculaires indépendants des oiseaux.

Nous croyons, au contraire, que chez les Mammifères les mouvements des yeux, dont l'étendue est assurément très variable, suivant les espèces, sont toujours associés. On peut observer de tels mouvements soit de latéralité, soit de convergence chez le chat et surtout le chien, le cheval, etc.

Et cependant les six muscles moteurs du globe existent dans toute la série des Vertébrés : chaque globe possède quatre muscles droits et deux obliques, même quand ces muscles n'ont aucune action motrice, par exemple chez les Rapaces nocturnes où les mouvements des yeux, pour l'exploration du champ visuel, sont remplacés par des mouvements de la tête. Ce qui doit différer, c'est l'appareil nerveux intracérébral qui règle les mouvements des muscles oculaires. Cet appareil ne saurait être le même chez les êtres à mouvements oculaires indépendants (Poissons, Amphibies, Reptiles, Oiseaux) et chez ceux dont les mouvements oculaires sont conjugués (Mammifères).

IV

N'ayant jamais observé chez les Vertébrés inférieurs de mouvements conjugués (l'association occasionnelle n'est pas la conjugaison, mais au contraire un cas particulier de l'indépendance), je n'ai pas hésité à généraliser, à admettre que tous les Vertébrés inférieurs (Oiseaux compris) à chiasma complet et à connexions rétiniennes unilatérales, ont également des yeux indépendants du point de vue de la motilité.

J'assimile l'indépendance de ces yeux à celles des membres pairs.

Cependant un champ visuel commun, si restreint qu'il soit, nous paraît exister chez tous les Vertébrés actuels, même les plus inférieurs. Mais il ne saurait avoir la valeur physiologique du champ visuel commun des animaux à connexions rétiniennes bilatérales puisqu'il appartient à des rétines à connexions unilatérales dont les sensations ne sauraient se fusionner dans les centres. Du point de vue rétinien c'est un champ bitemporal, tandis que le champ commun des rétines conjuguées est un champ temporo-nasal, qui implique un faisceau direct.

V

L'angle optique et le champ visuel.

Chez les petits animaux la meilleure méthode pour déterminer l'angle optique, c'est-à-dire l'angle ouvert en avant formé par les deux axes optiques, c'est la mesure directe de cet angle sur des coupes horizontales du crâne passant par le centre des deux yeux, après congélation, inclusion à la celloïdine, etc.

Chez le Saumon de fontaine long de 64 mm., nous trouvons une très forte divergence des axes oculaires, un angle de 170°. Chez la Lamproie fluviatile adulte et l'alevin de Truite arc-en-ciel 160°, chez Périophtalmus Kohlœteri 140°, chez le Triton crêté 120°, chez la Couleuvre à collier 150°, chez le Pigeon biset, oiseau à tête étroite 140°. Mais chez les oiseaux à tête plus large (un très grand nombre de petits insectivores, etc.) les deux axes se rapprochent à 115°, 120°. Chez les oiseaux à grosse tête ce rapprochement est encore plus marqué, il est, par exemple, de 90° chez la Chevêche et la Crécerelle.

Chez les Mammifères nous trouvons sur les coupes horizontales d'une tête de chat nouveau-né que la divergence des axes oculaires est de 110° à 115°. Koschel, qui a déduit l'inclinaison des axes optiques de celle des plans orbitaires, trouve seulement 77° chez le chat adulte, 92 chez le chien, 138 chez le cheval. On sait combien les Rongeurs, notamment le lapin, le lièvre, la marmotte, ont l'œil placé latéralement.

Déjà plus direct chez les Carnassiers (le Lion semble vous regarder en face) l'axe oculaire se rapproche encore chez les Primates, par rapport au plan médian vertical, et les deux axes deviennent presque parallèles.

Dans son Atlas (Goettingen 1818) des *Coupes horizontales de l'Œil de l'Homme et des Animaux*, Soemmering a dessiné la coupe horizontale du crâne d'une jeune fille, passant par le centre des deux yeux, et faite sans doute après congélation. Les deux axes oculaires sont à peu près exactement parallèles, c'est là la position cadavérique, la position de repos en l'absence de toute contraction musculaire.

L'angle optique si ouvert chez les Poissons, les Reptiles, les Oiseaux à tête étroite (Echassiers, Pigeons, etc.) et même certains Mammifères tels que les Rongeurs, s'est donc fermé progressivement chez les Carnassiers et les Primates jusqu'à réaliser un parallélisme approximatif des axes optiques, le regard en avant et la coïncidence étendue des deux champs visuels. Mais les mouvements des globes peuvent, nous l'avons dit,

intervenir pour modifier l'angle optique et l'étendue de la coïncidence des deux champs visuels.

Assurément peu étendus chez l'Homme et limités au plan horizontal et à la convergence, ces mouvements de chevauchement des champs visuels sont beaucoup plus amples chez les êtres à motilité oculaire indépendante. Ils peuvent en outre se faire dans tous les sens, échapper à toute concordance oculaire comme cela est évident chez le Caméléon et beaucoup de Poissons, notamment le Lepadogaster, et tant d'autres.

Les rapports des deux champs visuels entre eux résultent en somme de la position réciproque des yeux dans le crâne et des mouvements des globes.

Mais si l'on peut chez l'Homme, comme le font journellement les oculistes, étudier fonctionnellement au moyen du périmètre le degré de coïncidence des deux champs visuels, ce résultat ne peut être obtenu avec précision chez les animaux que par l'examen des images transclérales des deux globes dont le pôle postérieur a été mis à nu par résection du crâne derrière les yeux. Chez les animaux (Bœuf, Poissons, etc.) dont la pigmentation oculaire est poussée jusqu'à l'opacification complète de la paroi du globe on peut quelquefois, par abrasion scléro-choroïdienne, rendre visibles les images transclérales.

La méthode paraît avoir été inaugurée par Jean Müller dans la première moitié du dernier siècle. Elle a été ensuite largement utilisée par A. von Tschermack à partir de 1903, puis par nous même en 1922 [1], époque à laquelle nous ignorions encore les travaux de von Tschermack, résumés de façon incompréhensible dans les ouvrages de *Physiologie Comparée* (par exemple C. Hess). Ensuite J. Dubar dans sa Thèse de 1924 [2], R. D. Bourdelle et Dubar [3] ont appliqué la même méthode. Puis L. Verrier l'a utilisée dans sa Thèse sur l'œil des Poissons (1928) et dans ses travaux ultérieurs.

En 1922 nous indiquions que le champ visuel binoculaire de la carpe existe mais ne mesure que quelques degrés, que le Pigeon a 30° de champ visuel commun, la Crécerelle 50°, la Chouette Effraie 60°, que le Cobaye a seulement 20° de champ visuel commun, le Lapin, le Lièvre, la Marmotte sont dans des conditions analogues. J. Dubar évalue le champ visuel binoculaire du lapin à 16° seulement.

L. Verrier (1928) trouve un champ binoculaire de 32° chez le Brochet, le Saumon, la Perche, de 30° chez la Brême, de 28° chez le Gardon et le Rotengle, etc. *Trigla Corax* n'aurait que 2° de champ visuel commun.

D'après Thieulin (*Th. de Paris*) le champ binoculaire moyen du Chien serait dans le plan horizontal de 85°, celui du Chat de 114 (Homme 160°).

D'après Rochon-Duvigneaud, Bourdelle et Dubar, celui du Cheval serait de 70° environ (*Académie des Sciences*, juillet 1925).

On voit dans tout ceci quelques différences suivant les auteurs et les méthodes. Il y a cependant une concordance générale, ce qui est l'essentiel.

En résumé, même chez les Vertébrés les plus inférieurs nous ne trouvons jamais, semble-t-il, des champs visuels absolument séparés comme l'exige la théorie de la vision panoramique de Cajal. Le plus petit champ binoculaire signalé est celui de *Trigla Corax* qui, d'après L. Verrier, serait seulement de 2° La Lamproie, avec ses axes optiques qui ne se prolongent pas tout à fait, mais forment un angle en avant de 160, doit avoir aussi un petit champ binoculaire, à partir d'une certaine distance devant son museau.

D'autre part il n'y a pas parallélisme absolu entre la place de l'animal dans la série animale et l'étendue de son champ binoculaire. Tels Poissons (Saumon, Brochet) peuvent avoir un champ binoculaire aussi étendu que tel Oiseau (Pigeon). Le cobaye, le lapin en ont moins que beaucoup de Poissons. Il faut, ici comme ailleurs, se garder d'introduire un absolu géométrique quelconque en biologie.

Certains Oiseaux, les Rapaces nocturnes, ont un champ binoculaire égal ou supérieur à celui de tels ou tels Mammifères. C'est cependant parmi les Mammifères supérieurs, Carnassiers et Primates, que l'on voit les deux champs visuels se recouvrir le plus largement.

VI

Les voies optiques sensorielles.

Les connexions des rétines avec le cerveau chez l'Homme sont connues dans ce qu'elles ont d'essentiel depuis le début du XVIIIe siècle. Dans le *Traité d'Optique* de Newton traduit par Coste (1re édition française 1720, mais il y avait une première édition anglaise en 1704 et une seconde en 1717) Newton (p. 487, Question XV) cherchant à expliquer la vision simple avec les deux yeux, pensait que « les fibres du côté droit des deux nerfs optiques se réunissaient dans la bandelette

1. Annales d'Oculistique 1922.
2. Champ Visuel des Vertébrés, Th. Paris 1924.
3. Acad. des Sciences 1925.

droite, les fibres gauches dans la bandelette gauche, pour aller, ainsi réunies, au cerveau ». Et il ajoutait : « ces deux derniers nerfs (les bandelettes) ne se trouvent-ils pas tellement unis dans le cerveau que leurs fibres n'y tracent une seule image entière dont la moitié droite vient du côté droit des deux yeux, et la moitié gauche du côté gauche des deux yeux ? Car les nerfs optiques des animaux qui des deux yeux regardent le même objet (homme, chien, etc.) se réunissent avant que d'entrer dans le cerveau, tandis que les nerfs optiques des animaux qui des deux yeux ne regardent pas le même objet (les Poissons, le Caméléon, etc.) ne se réunissent point, si j'ai été exactement informé du fait ».

Ainsi les anatomistes du temps de Newton distinguaient déjà entre les nerfs optiques qui ne font que se croiser et ceux qui s'entremêlent, et Newton paraît avoir le premier compris quelles sont les bases anatomiques de la vision binoculaire simple. La Physiologie lui avait fait comprendre l'anatomie. Peu importe que plus tard des anatomistes tels que Kölliker, Michel, etc. ne voulant tenir compte que de ce qu'ils voyaient au microscope avec des méthodes évidemment insuffisantes, aient cru pouvoir admettre la constance de l'entrecroisement total même chez les Mammifères supérieurs. Tous les travaux ultérieurs poursuivis par des méthodes diverses, colorations, dégénérescences, ont confirmé l'interprétation de Newton (Gudden, Ganzer, Tartuferi, Singer et Münzer, Henschen, Monakow, Vialet, et tous les modernes).

En ce qui concerne le faisceau direct, complémentaire, qui assure la vision binoculaire, et grâce auquel à deux nerfs optiques dont chacun est monoculaire, succèdent deux nerfs hémioptiques (Grasset) ou bandelettes, dont chacun est binoculaire pour la partie droite ou gauche de l'espace situé devant les yeux, il n'y a plus de contestation. Le centre visuel cortical est unanimement localisé dans les lèvres de la scissure calcarine. L'incertitude règne encore au sujet de la terminaison des fibres optiques dans l'écorce visuelle. Pour l'essentiel cependant on peut dire que les recherches anatomiques de deux siècles ont confirmé l'hypothèse physiologique de Newton, et sur ce point, à l'heure actuelle, l'anatomie et la physiologie se prêtent l'appui mutuel sans lequel il n'y a pas de certitude.

Il y a 40 ans R. y Cajal a repris cette étude et fait connaître à cette occasion la célèbre théorie sur les raisons d'être de l'entrecroisement des voies optiques et des voies nerveuses situées au-dessous d'elles dans le névraxe.

Mais tout d'abord Cajal, étudiant à l'état frais le chiasma des animaux par la méthode au bleu de méthylène d'Ehrlich, confirme l'entrecroisement total chez les Poissons (Carpe, Barbeau, Saumon, etc.), chez les Batraciens (*Rana esculenta, Bufo vulgaris*) les Reptiles (*Lacerta agilis, viridis*, Couleuvre), les Oiseaux (Poule, Pigeon, Perdrix, Hirondelle).

Ainsi chez tous les Vertébrés inférieurs (Oiseaux compris) chaque œil est uniquement en rapport avec le lobe optique opposé, « il en résulte que les images reçues par l'œil droit se projettent sur le lobe optique opposé, c'est-à-dire le gauche. Que chez les Vertébrés inférieurs le lobe optique soit le siège de la vision mentale est démontré d'une part par le fait que l'extirpation des hémisphères ne produit pas la cécité, d'autre part par l'absence de voies centrales ou voies optiques allant au cerveau antérieur, fait établi par les recherches d'Edinger et d'autres anatomistes. Les seules voies qui partent du lobe optique sont des voies descendantes et qui, comme telles, doivent être considérées comme de nature réflexe (accommodation du cristallin, mouvements des yeux, de l'iris, de la tête et du cou).

Chez les Oiseaux les premiers, et peut-être pas chez tous, on voit apparaître une voie optique centrale, c'est-à-dire une troisième série de neurones qui mettent en communication le lobe optique et l'écorce cérébrale, dans laquelle serait projetée l'image rétinienne, d'après les observations physiologiques de Munk » (Cajal, *Chiasma optique*, 1899).

Chez le Chien et le Chat les diverses méthodes de coloration et celle des dégénérescences démontrent aisément la présence d'un faisceau direct du nerf optique, qui est plus important chez le second que chez le premier de ces animaux.

Chez les Rongeurs les colorations du chiasma normal ne révèlent que des fibres croisées. Mais après énucléation d'un œil, dégénérescence, et coloration osmique de Marchi, Singer et Münzer d'abord, chez le Lapin, puis Cajal chez le Cobaye, le Rat et aussi le Lapin, trouvent des fibres dégénérées dans la bandelette du même côté. Tous ces Rongeurs ont donc des fibres directes, parfaitement nettes, bien que relativement peu nombreuses. Et cependant leurs yeux sont beaucoup plus latéraux que ceux des Oiseaux rapaces, surtout des nocturnes, dont l'entrecroisement chiasmatique total a été démontré par Gudden au moyen de la méthode des dégénérescences, et que nous avons, par la même méthode, vérifié chez la Chouette Chevêche. Le Cobaye et le Lapin avec un champ visuel commun d'environ 20°

seulement, possèdent un certain nombre de fibres directes, la Chouette Chevêche avec 60° de champ visuel commun n'en possède aucune. Rien de plus instructif, à notre sens, que cette discordance entre la structure chiasmatique et l'étendue du champ visuel commun. Rien qui démontre mieux l'existence de deux régimes visuels différents. Chez les Vertébrés inférieurs (Oiseaux compris) le rapprochement des axes optiques créant un champ important de vision binoculaire n'a pas entraîné le développement de fibres directes dans le chiasma, chez les Mammifères ces fibres apparaissent malgré un champ binoculaire très restreint.

Dans son *Anatomie Comparée du système nerveux des Vertébrés et de l'Homme* (vol. II, 1921), A. Kappers a proposé une théorie « hodogénétique » de la genèse du chiasma.

Si nous avons bien compris l'essentiel de sa pensée, Kappers croit qu'un faisceau direct se développe à partir du moment, où, par suite du rapprochement suffisant des axes oculaires, la rétine temporale de l'un des yeux et la rétine nasale de l'œil opposé peuvent recevoir simultanément l'image d'un même point lumineux extérieur situé latéralement.

Il est évident que chez le Pigeon, par exemple, un point lumineux latéral ne peut former son image que sur une seule rétine. Au contraire, chez l'Homme (fig. 2), et même chez des animaux à axes oculaires moins rapprochés du parallélisme (Chat, etc.), un point lumineux situé à droite sera vu simultanément par la rétine nasale de l'œil droit et la rétine temporale de l'œil gauche. C'est dans ces conditions, pour Kappers, que cette rétine enverra des fibres directes aux centres cérébraux du même côté pour y associer son impression à celle du point correspondant de la rétine droite qui est déjà en rapport avec ces mêmes centres par le faisceau croisé.

Il faut faire remarquer, en nous rapportant toujours au dessin des yeux du Pigeon (fig. 1), que l'inscription simultanée de l'image d'un point frontal vers le bord extérieur (postérieur) des deux rétines, ainsi associées dans une véritable synergie optique, n'a nullement provoqué la formation d'un faisceau direct qui eût mis en rapport chaque rétine avec les deux lobes optiques et déterminé une véritable vision binoculaire par le même mécanisme de fusion nerveuse cérébrale qui s'est développé chez les Mammifères et l'Homme.

L'exemple le plus frappant est celui des Rapaces nocturnes dont les yeux ne divergent pas plus que ceux du Chat, sans que pour cela leur chiasma possède le faisceau direct qui existe chez le Mammifère. La difficulté inverse nous est offerte par les Rongeurs auxquels un faisceau direct, petit mais incontestable, assure ou annonce un commencement de vision binoculaire malgré des axes oculaires aussi divergents que ceux du Pigeon ou des Poissons.

Ne faut-il pas voir là un indice que certaines propriétés évolutives du système nerveux n'existeraient pas encore chez les Vertébrés inférieurs et n'apparaîtraient que chez les Mammifères et que là encore une ébauche d'organe apparaîtrait avant la fonction ?

D'autre part trouvons-nous soit dans le développement de la rétine et du nerf optique, soit dans les greffes oculaires qui envoient des fibres vers le cerveau, des faits en rapport avec la formation du faisceau direct, ce qui est la question fondamentale ?

1° Les fibrilles du nerf optique sont émises par les cellules ganglionnaires de la rétine et s'insinuent dans la masse cellulaire du pédicule embryonnaire du nerf optique. La myélinisation marche en sens inverse et va du cerveau vers l'œil. De ces faits nous ne savons encore rien tirer pour la formation des divers faisceaux du nerf optique;

2° Chez des embryons de Batraciens Urodèles May et Detviller ont fait de nombreuses greffes de la vésicule optique. Les yeux se développent normalement, les cellules ganglionnaires de la rétine envoient des fibres vers les centres nerveux. Ces fibres peuvent soit se perdre dans les tissus, soit se mettre en relation avec des ganglions nerveux intracérébraux. La connexion des fibres optiques avec un ganglion détermine une hyperplasie de celui-ci (dont les cellules peuvent doubler de nombre) et qui en outre paraît attiré par le nerf optique qui s'avance vers lui : il prend en effet une position beaucoup plus antérieure que le ganglion correspondant du côté normal. D'après May et Detviller ces faits paraissent s'accorder avec la théorie du neurotropisme de Cajal et celle de la neurobiotaxie de Kappers.

En résumé, les cellules ganglionnaires de l'œil greffé envoient leurs cylindre-axes vers le cerveau sans autre guide, apparemment, que les dispositions anatomiques locales. Certaines de ces fibres s'égarent. Elles n'envoient donc pas des fibres vers un point donné du cerveau. C'est au contraire ce dernier qui, par des ganglions non visuels, paraît réagir à l'approche des fibres rétiniennes.

Rien dans tout cela ne nous aide encore à comprendre le développement du faisceau direct,

mais il faut retenir que c'est la rétine, c'est-à-dire le point de départ de la sensation qui envoie des fibres au cerveau, *c'est la rétine qui demande la communication.*

VII

La théorie du chiasma de R. y Cajal.

Cajal se défend de rechercher une explication de la genèse du chiasma. Il n'a pas de théorie hodogénétique. Il prétend seulement en expliquer la raison d'être et l'utilité physiologique.

Il croit que chez les Vertébrés inférieurs dont les yeux sont latéraux, les deux champs visuels sont complètement indépendants et tout au plus juxtaposés sur la ligne médiane : l'œil droit voit tout ce qui est à droite de cette ligne, l'œil gauche tout ce qui est à gauche, c'est la vision panoramique indiquée dans le schéma ci-contre de Cajal (fig. 5). S'il n'y avait pas de chiasma, les images rétiniennes, *par suite de leur renversement par l'appareil dioptrique,* seraient transmises aux centres optiques non pas en continuité l'une avec l'autre, mais opposées par des bords discordants et l'on ne conçoit pas comment le cerveau de l'animal pourrait reconstituer une impression continue. Mais il y a un chiasma (fig. 6), un entrecroisement total des nerfs optiques, qui met en rapport le lobe optique gauche avec la rétine droite et réciproquement, et dès lors l'inversion latérale est corrigée, les deux champs visuels se continuent, les centres nerveux reçoivent l'impression d'une représentation réelle de l'horizon.

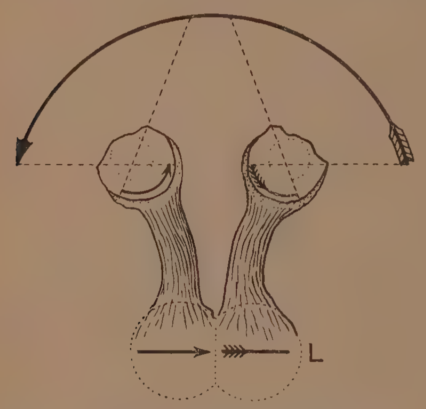


Fig. 5. — *Le schéma de Cajal destiné à montrer :*

1° Ce qu'il appelle le champ panoramique voulant dire par là que chaque œil voit indépendamment la moitié de l'espace située devant lui ;

2° La discordance dans les centres des deux images renversées au fond de chaque œil par l'effet de l'appareil dioptrique, dans le cas où le chiasma ferait défaut et où par conséquent chaque rétine serait en rapport avec le centre visuel du même côté L.

Cette théorie, d'allure géniale, paraît tout expliquer et elle reste chère à beaucoup de neurologistes parce qu'ils y trouvent la clef de tous les autres entrecroisements du système nerveux, subordonnés par Cajal à l'entrecroisement chiasmatique initial [1].

Cependant tandis que l'inversion *latérale* des images rétiniennes est corrigée par l'entrecroisement des nerfs optiques, leur *renversement* n'est annulé par aucune disposition anatomique connue. Tous les anatomistes (de Henschen à Kappers) admettent que les fibres optiques conservent leur orientation de la rétine à la scissure calcarine, qu'il n'existe, en d'autres termes, aucun chiasma vertical susceptible de redresser des images renversées. N'y a-t-il pas là une première difficulté qui nous engage à revoir de plus près la théorie de Cajal ?

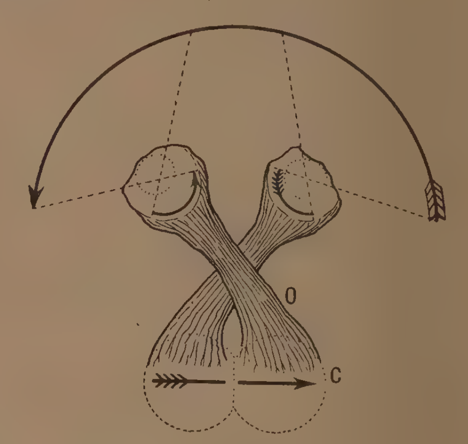


Fig. 6. — *La reconstruction centrale des images discordantes du fond de l'œil.*

Dans ses schémas, partout reproduits, Cojal a donné pour point de départ à son ingénieuse hypothèse un fondement optique faux, une représentation inexacte de la formation des images dans l'œil. Des globes oculaires orientés comme ceux de ses dessins, avec des axes optiques divergeant de moins de 90°, ont toujours un champ visuel binoculaire, qui existe même avec de bien plus grandes divergences d'axes. C'est là du reste une des moindres critiques à faire à sa théorie.

Y a-t-il réellement des images rétiniennes à réajuster et à redresser ?

L'image renversée que nous observons au pôle postérieur d'un œil énucléé n'était pas vue par

1. Dans ses « *Souvenirs de ma vie* » 1923, CAJAL écrit : « La sincérité m'oblige à confesser que mon travail contient des doctrines de valeur très inégale. Aujourd'hui, à 24 ans de distance, et après l'apparition sur ce thème de nombreuses recherches j'estime comme une conception assez fondée l'explication de l'entrecroisement fondamental des nerfs optiques, j'estime probable et plausible, rien de plus, le corollaire relatif à la décussation compensatrice des voies motrices et sensorielles, et franchement aventurées certaines analyses et conclusions touchant aux conditions histologiques de la perception du relief.

cet œil en tant qu'image totale. Le fonctionnement rétinien consiste à projeter extérieurement suivant l'axe des cônes et des bâtonnets l'image des points lumineux extérieurs qui tombent sur ces éléments récepteurs. Chaque point est ainsi projeté et vu à sa place dans le champ visuel sans discordance ni renversement. L'ensemble de ces points dessine, sur la rétine observée, l'image renversée que voit l'œil observateur à travers la sclérotique.

A ce point de vue la théorie chiasmatique de Cajal nous paraît sans objet.

Au surplus, le grand histologiste espagnol ne s'est pas dégagé de l'idée tout humaine que chez tous les Vertébrés les yeux sont associés. Dans sa théorie de la vision panoramique des Vertébrés inférieurs où le champ visuel d'un œil *complèterait* celui de l'autre, il y a encore une idée d'association des yeux. Nous croyons que les yeux de ces animaux sont indépendants, tout comme ceux du Caméléon qui n'est pas une exception, mais seulement un type extrême, indépendants au même titre que les membres pairs. Il n'y a pas une vision panoramique, c'est-à-dire résultant de deux champs visuels qui se complètent dans les centres récepteurs, mais bien deux champs visuels indépendants et simultanés, comme il y a pour nos deux mains deux espaces tactiles indépendants et simultanés. Mais nos deux mains peuvent s'associer de même que les yeux errants du Caméléon peuvent converger pour la projection de la langue sur la proie. L'indépendance n'exclut pas l'association temporaire qui est tout autre chose que la conjugaison obligatoire, résultant de dispositions spéciales dans le système nerveux.

Il semble donc qu'il faille abandonner la prestigieuse théorie chiasmatique de Cajal. C'est pour nous une *nuée physiologique*. Nous n'avons rien encore à lui substituer en ce qui concerne la raison d'être du chiasma.

Mais la théorie comprend deux parties différentes : la partie optique, c'est-à-dire le réajustement des deux moitiés discordantes du « champ panoramique » des yeux lenticulaires, qui nous paraît erronée, et la partie concernant l'entrecroisement compensateur des voies nerveuses, qui garde toute sa valeur. Que l'on accepte ou que l'on rejette l'explication optique du chiasma il y a toujours un chiasma qui porte au cerveau gauche l'excitation reçue à droite, ce qui entraîne dans les voies motrices un entrecroisement de sens inverse pour qu'elles atteignent les muscles du côté droit qui doivent les premiers réagir à l'excitation venue de droite. Même inexpliqué le chiasma optique explique les autres entrecroisements.

Pourquoi il y a un chiasma est une question d'embryologie et de développement du système nerveux.

Lobes optiques.

Au sujet de l'indépendance des yeux chez les Vertébrés inférieurs, il reste un point à élucider. Chaque nerf optique aboutit au seul lobe optique opposé. Extérieurement ces lobes qui divergent par leur extrémité antérieure et sont séparés par la protubérance, paraissent indépendants l'un de l'autre. Mais leurs extrémités postérieures convergent dans l'épaisseur de la protubérance. Ont-elles en ce point des connexions qui pourraient associer les deux yeux ? L'anatomie est certainement impuissante à donner une réponse satisfaisante, et nous ne connaissons pas d'expérience physiologique qui permette de répondre à cette question. Remarquons cependant que l'indépendance des réactions pupillaires à la lumière de l'œil droit et de l'œil gauche chez les Vertébrés inférieurs semble impliquer l'indépendance sensorielle.

VII

L'appareil nerveux oculo-moteur.

Mouvements indépendants et mouvements conjugués s'expliquent-ils par des différences dans la structure de l'appareil nerveux moteur qui commande les uns ou les autres ? Nous sommes encore dans l'ignorance à ce sujet.

Dans un récent travail [1], le professeur Marquez (de Madrid) étudiant le problème anatomique de la double innervation des droits internes de l'homme qui interviennent dans les mouvements de convergence et les mouvements conjugués de latéralité, ne reproduit pas moins de 15 schémas, au moyen desquels un pareil nombre de neurologistes et d'ophtalmologistes ont tâché de s'expliquer et de faire comprendre à leurs élèves, les dispositions essentielles de cette double innervation. Ces schémas sont assurément fort utiles, fixent les idées mieux que toute description, et il est impossible d'enseigner sans leur aide. Mais leur nombre même ne dit-il pas que personne encore n'a saisi la réalité anatomique ?

Cependant Déjérine (*Séméiologie des affections du système nerveux*. Paris 1914), donne une opi-

1. Sur la Double Innervation du Muscle droit interne de l'œil, par le Prof. MARQUEZ (de Madrid). *Revue d'Oto-Neuro-Ophtalm.* mai 1930.

nion ferme et particulièrement autorisée. Dans la légende de la figure 212 (voies oculogyres et principalement voies des mouvements de latéralité du regard)) il s'exprime ainsi : « Des fibres à myélogénèse très précoce relient dans les deux sens le noyau de la VIe paire au noyau de la IIIe paire du même côté et les associent entre eux et dès les premiers stades de la vie, pour les mouvements de latéralité des globes oculaires. Ces fibres *internucléaires* tirent leur origine des petites cellules contenues dans les noyaux oculomoteurs III et VI, et passent par le faisceau longitudinal postérieur. Les petites cellules du noyau de la VIe paire gauche, par exemple, peuvent actionner les fibres croisées et directes du droit interne gauche, de même que les petites cellules du noyau de la IIIe paire gauche actionnent les fibres radiculaires du droit externe homolatéral (gauche). Ainsi se trouve constituée une étroite association physiologique comprenant un système dextrogyre qui porte le regard vers la droite, et un système lévogyre qui porte le regard vers la gauche — association qui peut être incitée et actionnée soit par la corticalité cérébrale, soit par diverses voies centrales sensitives ou sensorielles, labyrinthiques, tactiles, visuelles, etc. ».

C'est donc grâce à des associations croisées, à des échanges de fibres, d'un côté à l'autre, entre les noyaux des IIIe et VIe paires principalement, que s'établit la conjugaison des mouvements oculaires chez les Mammifères et l'Homme. *Mais ces fibres croisées ne manquent pas chez les Vertébrés à mouvements oculaires indépendants.* Il faudrait donc pénétrer plus profondément encore dans le détail des connexions internucléaires pour distinguer en quoi diffèrent celles qui commandent les mouvements conjugués et celles qui permettent des mouvements indépendants.

A. Kappers, dans son grand ouvrage sur l'*Anatomie comparée du système nerveux chez les Vertébrés et l'Homme* (Haarlem 1920), ne nous en apprend pas davantage.

Les noyaux moteurs de la moelle allongée et du cerveau moyen sont étudiés de la page 449 à la page 513 du premier volume dans les diverses classes de Vertébrés. Nombreuses figures, schémas, reconstructions. Mais cette étude est purement topographique et morphologique ; le point de vue fonctionnel n'est, autant dire, jamais pris en considération. On ne trouve donc rien dans ce travail qui nous apprenne quoi que ce soit du mécanisme nerveux des mouvements indépendants et associés ; la question n'est pas envisagée.

Voici, par exemple, quelques descriptions concernant les Reptiles et les Oiseaux : « Plus évidente que chez l'Alligator est la division du noyau de la IIIe paire en un noyau principal dorso-latéral et un noyau principal ventro-médial chez le Caméléon, le Varan, etc. En ce qui concerne l'origine exacte des fibres croisées et des fibres directes dans les racines de la IIIe paire, nous ne possédons encore aucune donnée précise. Il me semble seulement que chez les Reptiles il n'y a pas autant de fibres croisées de la IIIe paire que chez les Mammifères et que celles-ci, comme chez les Téléostéens et les Oiseaux, proviennent principalement du noyau ventral ».

Les noyaux moteurs de l'œil des Oiseaux sont décrits avec soin. Le seul renseignement qui puisse nous intéresser est celui-ci : Des fibres radiculaires de l'oculo-moteur une quantité non négligeable subit l'entrecroisement, notamment celles qui proviennent du noyau ventromédial.

La manière dont se forme cet entrecroisement est très particulière, elle a été décrite par Biondi, dont les résultats ont été pour l'essentiel, confirmés par Bock. Il en ressort notamment ceci que chez l'embryon de Poulet de quatre jours toutes les fibres radiculaires émergent sans entrecroisement. Au 6e jour de l'incubation il se fait une migration des cellules à travers le raphé médian alors que les axones sont déjà, en grande partie, formés. En conséquence de quoi beaucoup de fibres radiculaires ont une origine croisée, notamment celles du noyau ventro-médial. Cette migration se termine au 8e jour de l'incubation.

Nous ne sommes pas plus avancés en ce qui concerne les centres nerveux proprement dits. Dans la *Revista Trimestrial Micrographica* de mars 1896, P. Ramon y Cajal a étudié la structure de l'Encéphale du Caméléon. Mais ce travail si méritoire, et qui témoigne d'une si grande habileté technique, est resté incomplet. Il est, du reste, purement descriptif, compréhensible seulement pour les anatomistes du cerveau. Il ne comporte, en outre, aucune application à la Physiologie du Caméléon. Ce travail porte sur l'Hémisphère au devant de la commissure antérieure, sur le thalamus, le lobule optique. L'auteur trouve que les lobules optiques des Oiseaux, Reptiles, Batraciens et Poissons, ont tous une constitution très voisine, et ce fait cadre avec la distinction que nous avons faite au point de vue visuel entre tous les Vertébrés inférieurs, d'une part, et les seuls Mammifères, d'autre part.

A part cela, il s'agit ici d'un travail de déblaiement morphologique et histologique, inutilisable pour nous et dont l'auteur ne tire, du reste, aucune conclusion.

Dans les *Anales Medicos Caditanos* du 13 février

1899, P. Ramon y Cajal étudie le fascicule longitudinal postérieur des Reptiles. Rien qui nous intéresse dans les conclusions de ce travail.

Les recherches récentes nous apportent-elles des faits nouveaux ? Dans le Traité d'Ophtalmologie qui vient de paraitre sous les auspices de la Société française d'Ophtalmologie P. von Gehuchtern (I[er] volume, Masson 1939) rappelle que toutes les descriptions classiques des voies oculo-motrices sont contestées par Muskens (Das Supra-vertikal System, Amsterdam 1936), et il conclut modestement qu'il doit exister plusieurs systèmes anatomiques réglant les mouvements conjugués des yeux.

« La localisation des faisceaux par lesquels ces mouvements se font, nous dit un éminent histologiste français, ne me paraît être qu'une simple curiosité, du reste impossible à satisfaire. On peut lire tous les mémoires possibles, on est toujours déçu. Et le temps que l'on passerait à démêler cet écheveau indébrouillable serait mieux employé à l'observation pure et simple des faits physiologiques. D'ailleurs, les mouvements des yeux ne sont pas indépendants de ceux de la tête (déviation conjuguée de la tête et des yeux), ni du vestibule (mouvements des yeux dans le vertige). *Tout cela constitue un ensemble qu'il ne faut pas espérer débrouiller par les moyens de l'anatomie* ».

Il faut donc interroger surtout les faits physiologiques qui restent les meilleurs révélateurs des dispositions générales des voies nerveuses.

Que l'on se rappelle Newton, qui a compris l'existence dans le chiasma d'un faisceau direct et d'un faisceau croisé par la seule analyse physiologique de la vision simple avec les deux yeux, alors que 120 ans plus tard Kölliker soutenait encore la décussation totale au nom de l'anatomie !

Mais après Kölliker d'autres anatomistes ont découvert la structure réelle du chiasma conforme aux prévisions de Newton. Ne pouvons-nous espérer que, malgré l'immense complexité du sujet, l'anatomie future apprendra à distinguer entre les voies optiques à mouvements indépendants et celles à mouvements conjugués ?

VIII

Résumé physiologique et Conclusions.

Nous sommes donc ramenés à l'observation des mouvements de l'œil et de ses annexes dans la série des Vertébrés à la question de leur indépendance avec association occasionnelle, ou de leur conjugaison, que ces mouvements soient réflexes ou puissent être, en outre, volontaires.

1° La contraction pupillaire à la lumière est exclusivement réflexe. Elle est unilatérale, limitée à l'œil éclairé, non seulement chez les Poissons à mouvements pupillaires appréciables (Pleuronectes, Anguilles et quelques autres), mais aussi chez les Batraciens, les Crocodiliens, les Sauriens et les Serpents à pupille en fente verticale (Geckos, Vipères, Pythons, etc.) [1]. Elle est également unilatérale chez les Oiseaux.

On la dit encore unilatérale chez les Rongeurs et d'autres Mammifères inférieurs. Mais chez les Carnassiers, tels que le Chat et le Chien, la réaction consensuelle commence à s'établir bien que la pupille restée dans l'obscurité se contracte toujours moins que la pupille éclairée. La contraction entièrement consensuelle, c'est-à-dire égale ou presque égale du côté obscur et du côté éclairé ne se rencontre, croyons-nous, que chez les Primates.

Si faiblement qu'elle soit marquée, la réaction consensuelle est une réaction conjuguée, elle suppose un entrecroisement sensoriel et moteur.

2° Les mouvements des paupières, visibles à partir des Batraciens, des Reptiles [2] et des Oiseaux, sont vraisemblablement purement réflexes, toujours soumis à une excitation visuelle et indépendants d'une volonté, d'un acte psychique quelconque. Souvent synchrones, ces mouvements peuvent être discordants, ce qui suffit à montrer leur indépendance, l'absence de conjugaison, sinon d'association, fait tout différent.

Les Nictitantes chez les Chéloniens, Sauriens, et surtout Crocodiliens et Oiseaux où elles sont très développées, montrent des mouvements généralement synchrones, mais chez les Rapaces nocturnes, dont les mouvements des paupières sont lents et faciles à observer on peut voir une nictitante se mouvoir après l'autre. Nous en concluons que le synchronisme habituel chez les oiseaux résulte d'une association occasionnelle, d'un double réflexe simultané, non d'une conjugaison.

Chez l'homme le clignement est presque toujours réflexe et synchrone, mais il peut être aussi volontaire et la plupart des gens sont capables de fermer un seul œil. Il n'y a donc dans les mouvements d'occlusion palpébrale aucune conjugai-

1. Les Chéloniens, les Sauriens et les Serpents à pupilles rondes ont des réflexes photo-moteurs extrêmement limités, peut-être tout à fait nuls chez certains d'entre eux. Ils ont des muscles iriens, mais leur rétine n'a que des cônes.

2. Les serpents et un certain nombre de Sauriens ayant devant l'œil une paupière transparente, d'une seule pièce, à adhérence circulaire comme un verre de montre, il ne saurait être chez eux question de mouvements palpébraux.

son, tandis qu'il y en a une entre les mouvements d'élévation du globe et ceux de la paupière supérieure, qui sont à l'état physiologique indissolublement liés.

La théorie des deux régimes visuels sensori-moteurs est fondée essentiellement sur l'opposition que l'on remarque entre l'indépendance des mouvements de regard chez les Vertébrés à connexions rétiniennes unilatérales (chiasma total) d'une part, et, d'autre part, la conjugaison de ces mêmes mouvements chez les Vertébrés à connexions rétiniennes bilatérales, c'est-à-dire pourvus d'un faisceau direct qui concourt à associer, dans les centres, des portions plus ou moins étendues des rétines droite et gauche.

Déjà, sans doute, le chiasma total, l'indépendance de connexions centrales entre les rétines droite et gauche ont suggéré à beaucoup d'auteurs l'idée d'une indépendance fonctionnelle des deux yeux chez les Vertébrés inférieurs. Mais cette idée n'a jamais pris pied, n'a jamais été exploitée, tant il est difficile à l'Homme de concevoir cette indépendance. Wundt attribuait aux Oiseaux une vision alternante plutôt que d'admettre l'indépendance visuelle de leurs yeux divergents. Ne pouvant voir ensemble, leurs yeux ne devaient voir que l'un après l'autre ! Wundt méconnaissait que l'indépendance sensorielle, l'indépendance tactile de nos deux mains, par exemple, est la condition générale et ancestrale, tandis que l'association des deux yeux est une acquisition des plus tardives dans l'évolution des Vertébrés.

L'indépendance motrice est une conséquence de l'indépendance sensorielle : deux rétines indépendantes n'ont nulle raison de réclamer l'accord de leur position réciproque par des mouvements conjugués.

Nous devons maintenant envisager chez les Vertébrés inférieurs le fonctionnement de la portion commune aux deux yeux dans le champ visuel total. Nous rappelons que l'examen des images transclérales a montré à V. Tschermak, à nous-même, et à beaucoup d'autres que le bord temporal ou postérieur des deux rétines — dans une étendue variable suivant la divergence des yeux — reçoit, même chez les Poissons, les Oiseaux, etc., les images des mêmes objets placés devant le museau ou le bec de l'animal. Mais l'image reçue par la rétine droite est transmise au seul centre visuel gauche, et inversement. Il n'y a pas fusion centrale des impressions des deux rétines, telle, du moins, qu'elle a lieu chez nous.

Mais grâce à leurs réflexes sensitivo-moteurs et à tout ce qui est en eux de sens de position et d'équilibre, les Vertébrés inférieurs ont certainement une notion exacte de la position des objets vus : Comment distinguer l'un de l'autre deux objets identiques localisés en un même point de l'espace ? Il y aurait en définitive chez eux une sorte de fusion d'origine motrice ou statique par conscience de la position identique des points de l'espace qui font simultanément leur image sur les points « correspondants » des deux rétines nasales.

Nous n'insisterons pas sur des conceptions théoriques et fatalement entachées d'anthropomorphisme, puisque nous ne pouvons user d'une autre psychophysiologie que de la nôtre. Nous pensons « homme », alors qu'ils faudrait pouvoir penser « animal ».

Malgré tout, l'observation des Vertébrés inférieurs nous force à admettre qu'ils obtiennent de leur appareil visuel à fonctions unilatérales, certains résultats que nous expliquons chez nous par l'association centrale de nos deux rétines, et, par exemple, la perception de la troisième dimension, de la profondeur, des distances, etc. Bien que les interprétations de beaucoup de ces faits soient incertaines, contestées, variables suivant les auteurs, elles sont toujours et nécessairement fondées sur la conjugaison fonctionnelle et anatomique des deux moitiés droite et gauche de notre appareil visuel.

L'indépendance visuelle des Vertébrés inférieurs ne s'accommodant pas de pareilles interprétations, on voit certains auteurs leur refuser, contre toute évidence, la vision de la troisième dimension, du relief, etc.

Mais comment dénier une pareille appréciation des distances à la Truite qui se jette sur un moucheron, au *Toxotes jaculator* qui, d'un pied de distance « crache » avec précision sa goutte d'eau sur la mouche qu'il veut précipiter, au Crapaud qui projette sa langue sur une fourmi, au Caméléon archer infaillible à 15-20 centim. de distance, enfin aux Oiseaux Prédateurs ! Comment croire qu'une Hirondelle, qui vit d'insectes cueillis au vol (qui ne sont pas toujours pris au hasard des arabesques du vol, mais souvent visés avec précision), n'a pas une perception des distances beaucoup plus parfaite et plus rapide que celle de l'homme lui-même ? Comment croire que le champ visuel binoculaire révélé par l'image transclérale simultanée dans chaque œil et situé devant l'oiseau dans la direction de son vol, ne lui sert pas à diriger ce vol, à mesurer les distances, les obstacles (arbres, etc.) dont l'oiseau s'approche si rapidement et qu'il lui faut éviter ? Tout cela, c'est la perception de la profondeur, mais

par un autre mécanisme visuel que celui des êtres dont les rétines sont associées dans les centres.

Le mécanisme mis en jeu peut varier suivant les animaux. Chez le Caméléon le mouvement des yeux qui s'associent pour la projection de la langue est sans doute l'essentiel. Les doubles foveae de l'Hirondelle et des autres Prédateurs doivent jouer chez eux un rôle primordial. Et rien ne nous dit que l'animal borgne ne puisse apprendre à saisir des proies même mobiles, éloignées, ou petites. Pas plus que l'homme borgne il n'est condamné à mort. Là encore il faudrait observer et ne pas méconnaître l'existence de fonctions qui se réalisent à un degré suffisant en dépit de la simplicité ou même de l'amputation partielle des appareils en cause. Mais ceci dépasse notre sujet.

Pour introduire de l'ordre dans la Physiologie comparée de la vision chez les Vertébrés, il nous a paru utile de montrer les différences entre les Vertébrés inférieurs à chiasma total et les Vertébrés supérieurs à chiasma complexe, déjà différenciés par Newton au XVIIIe siècle. Pour cela, nous avons tâché de faire comprendre que l'indépendance visuelle des yeux était leur condition originelle, analogue à l'indépendance tactile des membres pairs, qu'elle était à son tour la cause de l'indépendance motrice. Etendre cette dernière du Caméléon à tous les Vertébrés inférieurs, rappeler que la conjugaison n'existe que chez les Mammifères et paraît les comprendre tous, c'était montrer que la division des Vertébrés en inférieurs et supérieurs se maintient dans le domaine visuel et repose sans doute sur des possibilités différentes de développement du système nerveux central.

A. Rochon-Duvigneaud.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

American Mathematical. Society. Semicentennial, publications. *Vol. I* : **A semicentennial history of the American Mathematical Society** (1888-1938) par Raymond Clare ARCHIBALD. *Vol. II* : **Semicentennial addresses.**

L'American Mathematical Society a célébré récemment au cours de sa quarante quatrième réunion d'été à New-York, le cinquantième anniversaire de sa fondation en présence de M. Th. Scott Fiske son fondateur en 1888. A cette occasion elle a publié deux volumes dont le premier rédigé par M. R. Clare Archibald est consacré à l'histoire de la société depuis sa fondation tandis que le second contient huit exposés écrits à l'occasion du cinquantenaire et montrant la part prise par les mathématiciens américains dans les développements modernes des sciences mathématiques.

Le premier volume après un historique sur la fondation de la société, son extension, ses publications : bulletin, transactions, ses réunions périodiques, est principalement consacré aux biographies et au rappel de l'œuvre mathématique des trois secrétaires et des vingt-quatre présidents que la société a compté depuis sa fondation et dont les portraits sont donnés hors textes.

Le second volume contient neuf exposés qui quoique traitant de sujets variés et écrits indépendamment illustrent remarquablement l'œuvre mathématique des savants américains. Seuls le premier et le dernier de ses exposés sont de caractères historiques. Les sujets traités sont les suivants : Bell, E. T. : Cinquante ans d'Algèbre en Amérique. — Ritt, J. F. : Aspects algébriques de la théorie des équations différentielles. — Wiener, Norbert : Les fondements historiques de l'analyse harmonique. — Mc Shane E. J. : Développements récents en calcul des variations. — Thomas, T. Y. : Tendances récentes en géométrie. — Wilder, R. L. : La sphère en topologie. — Evans, G. C. : Problèmes de Dirichlet. — Synge, J. L. : Stabilité hydrodynamique. — Birkhoff G. D. : Cinquante ans de mathématiques américaines.

G. P.

Biernocki. — Les fonctions multivalentes. Actualités scientifiques et industrielles. — 657, 1 *fasc. de* 66 p. *Paris, Hermann,* 1938.

On sait toute l'importance prise en théorie des fonctions par les notions d'univalence et de multivalence. La multivalence d'ordre p, pour une fonction méromorphe, — est le fait d'acquérir p fois au plus chaque valeur, la limite p étant atteinte dans le cas d'une valeur au moins (cela, dans un certain domaine préalablement donné). Cette notion et quelques notions voisines (multivalences *exacte*, *complète*, d'ordre p) soulèvent des problèmes dont les résultats, encore tout récents, sont ici groupés. L'Auteur dont l'enseignement et les recherches honorèrent l'Université de Poznan expose également ses résultats (et ceux d'autres disciples de M. Paul Montel) sur ce qu'il nomme les fonctions *quasimultivalentes d'ordre p*, caractérisées par le fait de ne pas acquérir plus de p fois les valeurs prélevées (au nombre $\geqslant 3$) sur un ensemble donné.

Signalons l'attention donnée aux liaisons entre coefficients tayloriens d'une part, ordre de multivalence, de l'autre; aussi bien qu'aux domaines recouverts par des couples de fonctions multivalentes.

G. Bouligand.

Perrin (F.). — **Mécanique statistique quantique** —1 *vol. in-8° raisin de 224 p., Gauthier-Villars éd. Paris* 1939, *prix* : 100 *f.*

Ce livre constitue le fascicule 5 du tome II du Traité de Calcul des Probabilités et de ses Applications publié par M. Borel. Le Tome en question est intitulé : Les applications de la théorie des probabilités aux sciences mathématiques et aux sciences physiques. Il forme actuellement un tout complet. Le lecteur trouvera dans ce fascicule une première Partie traitant de la mécanique continue aléatoire, où sont exposées différentes questions classiques (systèmes couplés avec un thermostat, gaz parfaits, théorie ondulatoire continue du rayonnement isotherme. Une deuxième partie traite de la Mécanique statistique quantique (quantification des systèmes mécaniques, statistique classique des systèmes quantifiés, quantification des ondes lumineuses, formule de Planck, chaleur spécifique des solides). Enfin la troisième Partie, de beaucoup la plus développée, est relative à la statistique quantique des systèmes indiscernables. On y trouve des chapitres sur la théorie corpusculaire du rayonnement isotherme, sur les fluctuations, sur la thermodynamique statistique, sur les équilibres chimiques, sur les gaz matériels plus ou moins dégénérés, sur les particules dans un champ, sur la cinétique statistique, sur le rôle des spires en mécanique ondulatoire.

L. B.

2° Sciences physiques et chimiques.

Cagniard. (L.). — **Réflexion et réfraction des ondes séismiques progressives.** — 1 *vol. de* 254 *p., Gauthier-Villars éd. Paris, 1929. Prix : broché :* 120 *f.*

L'ouvrage de M. Cagniard aborde un problème qui est bien rarement traité en physique, celui de la propagation des ondes en régime variable, c'est-à-dire quand le temps intervient essentiellemnt dans les équations aux dérivées partielles et dans leurs solutions. Les difficultés mathématiques de ce type de problèmes sont assez grandes pour qu'il n'ait guère été abordé depuis les travaux de Lamb (1904). La théorie des discontinuités d'Hergonist, développée avec succès pour M. Hadamard, ne répond qu'à un des aspects de la question. Si l'on veut obtenir une solution générale, il est convenable de procéder comme le fait M. Cagnard par voie synthétique, et de construire, dans des cas particuliers de plus en plus étendus, des solutions dont on peut vérifier la portée pratique. C'est ainsi que M. Cagniard a pu traiter avec succès le problème de la répartition d'une onde sphérique après réflexion et réfraction à une surface de discontinuité entre deux milieux homogènes. L'intérêt de la solution qu'il propose s'étend non seulement à la sismologie, mais à diverses parties de l'hydrodynamique et même de l'optique. Grâce à des calculs très complets et tous poussés, M. Cagniard est arrivé à un système de formules dont l'utilité pratique est incontestable.

L. B.

Finkelnburg (W.) — **Kontinuierliche Spektren.** —1 *vol. in-8° de* 368 *pages, édité chez Julius Springer, Berlin*, 1938.

Les traités de Spectroscopie n'ont attribué jusqu'ici qu'une importance médiocre aux spectres continus, tout particulièrement à ceux qu'émettent ou qu'absorbent, dans bien des circonstances, les gaz et les vapeurs. Il faut reconnaître que l'étude de ces spectres est particulièrement difficile et est restée longtemps en retard sur celle des spectres de raies ou de bandes résolues. Il est bien malaisé, dans le cas des spectres continus, d'aboutir à des résultats intéressants sans le secours des mesures quantitatives d'intensité, et cette seule raison suffit sans doute à faire comprendre pourquoi ils sont restés, en quelque sorte, les « parents pauvres » de la spectroscopie.

M. Finkelnburg, qui s'est beaucoup intéressé personnellement à ces spectres, a pensé que le moment était venu de leur consacrer une monographie, et il y a rassemblé toutes les données que nous possédons actuellement à leur sujet. Son travail est fort réussi et il sera très apprécié des spécialistes. Bien que, sur bien des points, il souligne lui-même les insuffisances encore trop nombreuses des conceptions théoriques ou des résultats expérimentaux, il a, du moins, l'avantage de mettre nettement en lumière ce qui est définitivement acquis et de suggérer de nombreuses recherches nouvelles.

Après une introduction dans laquelle sont rappelés les divers mécanismes de production des spectres continus, l'auteur étudie d'abord les spectres continus d'origine atomique en absorption, puis en émission. Les premiers sont liés à la photoionisation, et se placent, en général, au delà des limites des séries spectrales; les seconds sont de nature plus complexe, surtout si on y rattache les spectres continus de rayons X. Après ces premiers chapitres, qui occupent à peu près le tiers de l'ouvrage, l'auteur arrive, dans une seconde partie, à l'étude des spectres continus d'origine moléculaire. C'est là surtout que les difficultés de la question apparaissent pleinement. Il faut faire appel à toutes les ressources théoriques et expérimentales de la spectroscopie des bandes moléculaires, et l'auteur en tire un excellent parti pour classer méthodiquement toutes les variétés de spectres continus qui appartiennent à ce groupe. Chacun des cas possibles, tant en absorption qu'en émission, est illustré par des exemples typiques, et la distinction si importante entre molécules stables et molécules à liaisons semi-instables du

type Van de Waals, est pleinement mise en lumière. A notre sens, c'est cette partie du travail de M. Finkelnburg qui rendra les plus grands services.

Enfin, dans les derniers chapitres, l'auteur s'occupe de la largeur des raies spectrales et de l'influence sur cette largeur des actions extérieures. Il est ainsi conduit naturellement à l'étude des spectres continus des liquides, des solutions et des cristaux. Cette étude est beaucoup plus écourtée que celle des spectres continus en milieu gazeux qui avait précédé, mais elle est nécessaire pour faire ressortir la transition logique qui relie les propriétés spectroscopiques des gaz à celles des liquides et des solides. L'auteur consacre même un chapitre à l'étude très sommaire du rayonnement thermique et du corps noir. Pour finir il résume les principaux cas particuliers rencontrés jusqu'ici, et les méthodes essentielles de production des spectres continus d'émission.

L'ouvrage de M. Finkelnburg est suivi d'une bibliographie très complète du sujet, qui semble, à première vue, assez impartiale. Il rendra des services certains à tous ceux qui s'intéressent à la spectroscopie générale, à ses applications physique et astrophysique et surtout à ceux qui, au laboratoire, contribuent eux-mêmes aux progrès de ces difficiles questions.

E. B.

Klar (M.). — **Fabrication de l'alcool absolu destiné à la carburation.** — 1 *vol in-8° de* 130 *p.* traduit de la deuxième édition allemande, par C. Schweitzer. *Edit. Dunod, Paris,* 1938. *Prix, broché* : 38 *fr.*

La fabrication de l'alcool absolu est plus que jamais un problème d'intérêt national. Le développement toujours croissant de la motorisation des armées, la nécessité de se libérer dans la mesure du possible de la dépendance étrangère en matières de carburant, le désir de venir en aide à l'Agriculture sont autant de raisons qui ont conduit, depuis plusieurs années, notre pays à intensifier l'industrie de l'alcool absolu.

L'alcool est devenu un produit mondial et il n'est plus permis d'ignorer comment on l'obtient et quelles sont les conditions auxquelles il doit répondre. C'est pourquoi la traduction française de l'ouvrage de Klar, qui donne d'intéressantes précisions d'ordre technique et économique sur les principaux procédés utilisés actuellement pour la fabrication de ce produit, est très opportune.

On remarquera l'importante contribution apportée dans cet ordre d'idées par les inventeurs français et l'industrie française. C'est un fait trop souvent ignoré et qui mérite d'être signalé.

E. Cattelain.

Rideau (Emile). — **Philosophie de la physique moderne.** — 1 *vol. in-16 de* 98 *p.* Editions du Cerf. *Paris* 1939.

Dans une étude très pénétrante, M. Emile Rideau s'est efforcé de dégager les conséquences d'ordre philosophique qui peuvent être rattachées aux progrès de la physique moderne. Il montre notamment que la science moderne et spécialement la physique qui, selon son expression, en forme « l'aile marchante », en renouvelant sa méthode pour l'adapter aux découvertes récentes du domaine atomique, vient d'obliger la pensée à un examen sévère de ses positions, à une révision décisive de ses concepts fondamentaux et de ses lois. Au cours de son exposé qui suppose une connaissance profonde de la méthode et des résultats de la physique la plus récente, il analyse successivement l'expérience, la théorie et le langage du réel, les principes de la raison dans la physique moderne, la psychologie et la sociologie de l'invention, la valeur de la science, et il termine par l'examen des rapports entre la science et la philosophie, la science et l'art, la science et la poésie.

Signalons en particulier les remarques si justes que l'auteur formule sur l'objet de la physique, les limites de nos représentations, la définition des théories, les formes *a priori* de la pensée, la définition des sciences physiques, la nature du déterminisme, la découverte progressive de la structure du réel, etc... Il montre notamment que la révolution spirituelle qu'ont engendrée les progrès de la physique doit être considérée comme restaurant l'intime et mystérieuse compénétration de la matière et de l'esprit, sous le primat de la pensée et de la liberté, ce qui éloigne à la fois du positivisme et de l'idéalisme « également négateurs de la réalité humaine ». Au delà de ses résultats objectifs, la science moderne « offre ainsi à la pensée qui la crée la joie de mieux se connaître elle-même et peut-être la joie d'un contact plus intime avec Celui qui est la Vérité de la nature et de l'esprit ».

A. B.

3° Sciences naturelles.

Delapchier (L.). — **Petit atlas des Oiseaux.** *Fasc.* 1. **Passereaux.** — *N. Boubée et Cie* ; *Paris*, 1940.

Bien que tout à fait élémentaire, l'ouvrage de M. L. Delapchier dont nous présentons ici le premier fascicule est d'un grand intérêt. Préfacé par M. J. Berlioz qui est, comme l'on sait, un des ornithologistes les plus qualifiés du monde, il est l'expression des données les plus modernes de l'Ornithologie, et, en cela, il constitue une véritable œuvre savante mise à la portée des débutants. Ceci est un éloge qu'on a rarement l'occasion de décerner, car trop souvent l'étendue des connaissances exclut la simplicité de l'exposé. D'autre part, c'est un livre qui manquait en France; et les ouvrages d'Ornithologie en langues étrangères n'ont pas toujours les qualités de clarté que celui-ci possède au maximum.

L'auteur enfin est un grand artiste, et comme ce grand artiste est ici doublé d'un ornithologiste averti,

l'abondante illustration en couleur de son ouvrage est d'une qualité exceptionnelle.

Comblant une lacune dont, depuis longtemps, on déplorait l'existence, le petit atlas de M. L. Delapchier contribuera largement sans aucun doute à répandre dans notre pays le goût des études ornithologiques.

R. Anthony.

Lemoine (Paul), **Humery** (R.). **Soyer** (R.). — **Les Forages profonds du Bassin de Paris. La Nappe artésienne des Sables Verts.** — 1 *vol. in-8º*, 700 *p.*, 56 *fig.*, 2 *pl.*, 1 *carte Paris*, 1939, Editions du Muséum (*Mémoires, t.* XI). (*Prix* : 200 *fr.*).

Il y aura bientôt un siècle que jaillissait le célèbre puits artésien de Grenelle, le doyen des puits de la région parisienne.

Depuis cent ans la nappe des « sables verts » a suscité un grand courant de recherches scientifiques, matérialisé par la publication de centaines de notes. Aucun travail d'ensemble n'existait. Le Laboratoire de Géologie du Muséum a entrepris de centraliser, de vérifier et de coordonner tous les documents publiés et tous ceux qui ont été communiqués par les entrepreneurs de sondages.

Il en résulte une œuvre énorme, d'une utilité considérable. La première partie est consacrée à la stratigraphie et à la tectonique du Crétacé du Bassin de Paris, aux sondages ayant atteint les Sables Verts, aux eaux de l'Albien.

La seconde partie est constituée par la liste alphabétique des coupes de forages classés par départements. Il y en a près de 300, avec leur coupe géologique détaillée, des renseignements hydrologiques et bibliographiques.

Les auteurs nous ont donné une œuvre fondamentale à tous points de vue, scientifique et industriel. La *totalité* de son information permet généralement de se dispenser de recourir aux travaux antérieurs. On ne saurait en dire autant de tous les travaux de synthèse et je crois que c'est la meilleure présentation que l'on puisse en faire.

R. Furon.

Moret (Léon). — **Manuel de Paléontologie animale.** — 1 *vol.* 675 *p.*, 241 *fig et* 20 *tableaux, Paris*, 1940. *Masson et Cie, éditeurs.*

Ce Manuel continue la série des ouvrages destinés aux géologues édités par la Maison Masson. Comme les précédents, celui-ci est présenté avec le soin habituel d'exécution typographique.

Dans cet ouvrage est résumé tout ce que nous connaissons sur les espèces animales des temps géologiques. Ces connaissances sont exposées dans l'ordre zoologique habituel, en commençant par les formes les plus simples. Une courte introduction contient quelques notions nécessaires sur la fossilisation, sur les méthodes et les résultats de la Paléontologie.

Il faudrait passer en revue tous les groupes pour signaler tout ce qui est nouveau dans leur présentation et leur description. D'une façon générale, on trouvera non seulement les détails morphologiques caractéristiques, les relations des formes entre elles, mais aussi des indications sur la biologie, l'habitat, la distribution géologique de ces êtres.

Toutes ces notions sont présentées, non sous la forme sèche à laquelle les Traités et Manuels nous ont habitués, mais sous l'aspect vivant qui résulte d'un enseignement oral.

Signalons cependant la large place qui a été donnée aux Foraminifères en raison du rôle qu'ils jouent en stratigraphie et en paléogéographie, le chapitre consacré aux Spongiaires, traité avec une compétence particulière par Moret qui les a étudiés à l'occasion de sa Thèse de 1926. La classification des Ammonoïdes jurassiques et crétacés a été mise au point par Breistoffer, qui a su extraire d'un sujet aussi touffu ce qui est essentiel pour la connaissance et la classification de ces formes si caractéristiques.

Les trois quarts du Manuel sont consacrés aux Invertébrés, à cause de leur fréquence dans les couches géologiques et de leur importance pour les géologues stratigraphes. A dessein, et pour cette raison, les Vertébrés ne tiennent dans le Manuel qu'une place restreinte, et aussi parce qu'ils ont été traités avec une compétence particulière et un important développement par Marcellin Boule et Jean Piveteau dans « Les Fossiles, Eléments de Paléontologie » édité en 1935 par la Maison Masson. Les deux ouvrages se complètent; l'un ne dispense pas de recourir à l'autre. La présentation est d'ailleurs différente. Boule et Piveteau décrivent séparément les Vertébrés des périodes primaire, secondaire et tertiaire; Moret les présente dans l'ordre zoologique. On trouvera dans le livre de Moret de nombreux dessins de reconstitution de Reptiles et de Mammifères, d'après les paléontologistes américains; ces dessins évoqueront l'allure des Vertébrés disparus, souvent très singuliers, qui peuplaient les milieux terrestres et marins des temps géologiques.

L'illustration de l'ouvrage comprend 241 figures, mais chacune de ces figures réunit plusieurs dessins, souvent plus d'une dizaine; ils ont été dessinés par l'auteur. Parmi ces figures, un grand nombre sont originales, les autres sont la schématisation ou l'interprétation de figures publiées dans des ouvrages de fond ou des Traités classiques. Bien que dessinés seulement au trait non relevé par des ombres, ces dessins sont d'une telle exactitude que l'on reconnait facilement les espèces figurées. Leur auteur a non seulement un grand talent de dessinateur que nous connaissions déjà par les croquis de ses travaux géologiques, mais il possède aussi une connaissance parfaite de l'essentiel des caractères des espèces figurées, que peut seul donner un contact direct, personnel avec ces espèces.

Le Manuel, dit l'auteur dans sa Préface est la mise au point d'un enseignement de Paléontologie professé à l'Université de Grenoble depuis quinze années. C'est le témoignage de l'importance donnée à l'enseignement de la Paléontologie dans ce Labora-

toire d'où sont sortis tant de travaux de grande valeur. Le Manuel de Moret, comme la Géologie stratigraphique de Maurice Gignoux ajoute un nouveau titre à ce Laboratoire auquel sont associés les noms de Ch. Lory et de W. Kilian.

A. Bigot.

Urbain (Ach.), *Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle, Directeur de la Ménagerie du jardin des Plantes et du Parc Zoologique du Bois de Vincennes.* — **Psychologie des animaux sauvages**. — 1 *vol. de* 267 *p.*, 13 *fig. Bibliothèque de Philosophie scientifique. Flammarion, éditeur*, 1940. (*Prix : 22 fr.*)

La question de l'instinct et de l'intelligence a été étudiée et discutée depuis très longtemps par les philosophes et les naturalistes. Il s'agit là d'un problème complexe que le Professeur Urbain traite d'une façon magistrale en s'appuyant sur les données de la science moderne et en faisant état de ses nombreuses observations personnelles sur la psychologie des animaux sauvages de nos régions et des régions exotiques.

L'auteur expose, d'abord, comment les anatomistes ont essayé de se rendre compte du développement des facultés intellectuelles des divers animaux. Cuvier s'était basé, autrefois, sur le rapport du poids du cerveau au poids du corps. Cependant, Manouvrier a montré, en 1885, qu'il ne pouvait s'agir d'un rapport simple, mais d'un rapport extrêmement complexe dont il ne put parvenir, d'ailleurs, à établir exactement la formule. C'est Dubois qui, en 1898, a trouvé cette dernière : son procédé permet, jusqu'à un certain point, de se rendre compte du degré relatif d'intellectualité chez les Mammifères. La méthode de Dubois, basée sur l'algèbre et tout empirique, par conséquent, a nécessité, comme l'on sait, de nombreux correctifs (Lapicque, etc...). Tout récemment R. Anthony, renonçant à faire état du poids du cerveau et du poids du corps, a indiqué une autre méthode fondée sur la comparaison de deux quantités, la surface de section du corps calleux et la surface de section du bulbe rachidien, plus exactement en rapport que le poids du cerveau et le poids du corps, avec le développement des facultés intellectuelles, d'une part, et avec l'importance de la masse somatique active, d'autre part. Par la comparaison de ces deux quantités, R. Anthony est parvenu à établir une échelle des intelligences qui paraît beaucoup plus conforme que celle que l'on obtient par la méthode de Dubois à l'idée que nous nous faisons de la valeur intellectuelle comparée des espèces mammaliennes.

Après cet exposé anatomique, l'auteur entre immédiatement au cœur de son sujet. Il rappelle, tout d'abord, les diverses méthodes d'investigation utilisées pour l'étude des facultés psychiques : méthode d'observation, méthodes expérimentales, méthode du dressage.

Puis, il étudie l'instinct en général qu'on admet être une activité aveugle, automatique — innée et héréditaire — parfaite et immuable — spécialisée, — spécifique. Si la plupart de ces critères sont excellents, dit-il, par contre, la perfection immédiate et l'immutabilité ne sont pas toujours absolues. En effet, si chez les Insectes, par exemple, l'instinct est immédiatement parfait et immuable, par contre, chez les Vertébrés supérieurs, on observe, parfois, un perfectionnement graduel de l'activité instinctive : c'est ainsi que la nage est instinctive chez le chien; mais on voit aussi de tout jeunes chiens qui ne savent pas nager. L'instinct peut présenter des imperfections, voire même des erreurs : quand le coucou pond, par hasard, deux œufs dans le même nid, il commet une erreur grave, car le plus fort des deux jeunes qui naîtront précipitera l'autre hors du nid. L'instinct peut aussi être sujet à des variations : chez les Mammifères, notamment, à l'activité instinctive se superpose, parfois, une activité réfléchie, de sorte qu'il peut être difficile, en présence d'une manifestation déterminée, de l'attribuer à l'instinct ou à l'intelligence.

L'auteur étudie ensuite, analytiquement, l'intelligence chez les animaux sauvages. L'intelligence s'oppose, en quelque sorte, à l'instinct : alors que l'activité instinctive est toujours la même quelles que soient les circonstances, quel que soit l'individu de l'espèce considérée, l'activité intelligente varie, au contraire, avec les circonstances et avec l'individu considéré. Cette activité intelligente ne caractérise pas seulement le genre humain, comme on l'a cru si longtemps, on la rencontre, à des degrés divers, évidemment, chez beaucoup de Vertébrés. L'auteur envisage, d'abord, l'intelligence chez les Mammifères et les Oiseaux de nos pays. Les grandes préoccupations de nos animaux sauvages sont surtout celles d'assurer leur subsistance, de perpétuer leur espèce et de veiller à leur sécurité. Les Mammifères (Carnivores, Ruminants, Rongeurs, etc...) se comportent, comme on le conçoit, d'une manière très différente suivant leur groupe et leur espèce. Aux observations d'Alix, F. de Curel, Lewis H. Morgan, Hachet-Souplet, Yerkes, etc., l'auteur ajoute de très intéressantes observations personnelles, notamment celle d'une Corneille qui réunissait (après les avoir volés) une quantité d'objets variés dans un nid de moineau abandonné.

De même que leurs congénères d'Europe, les animaux sauvages exotiques, que l'auteur étudie ensuite, ont également été pour lui une source presque inépuisable d'observations du plus haut intérêt. Parmi les traits d'intelligence, signalons celui d'un Eléphant domestique qui, blessé au pied antérieur droit, a été vu par l'auteur tremper son membre dans l'eau courante et enduire ensuite la blessure de boue liquide qui, en séchant, formait un enduit protecteur. Citons aussi le cas des Otaries qui se servent de leur museau pour ouvrir les portes; elles savent soulever un crochet ou tirer un verrou. On les voit surmonter des obstacles d'apparence presque infranchissables, comme un rocher abrupt : c'est ainsi qu'échappées du Parc Zoologique du Bois de Vin-

cennes, une Otarie fût retrouvée à Charenton et une autre près de la Mairie de Saint-Mandé, non sans avoir causé un grand émoi dans la population.

L'auteur consacre un chapitre spécial aux Singes. Les Anthropoïdes sont, certainement, de tous les Primates, ceux qui se rapprochent le plus de l'Homme tant par leur organisation tout entière, leur cerveau notamment, que par leurs réactions psychiques. Récemment, des recherches expérimentales ont été faites à leur sujet, surtout en ce qui concerne le Chimpanzé. Citons, parmi tant d'autres cas, celui d'un Chimpanzé qui reconnaissait la photographie d'un de ses congénères. L'auteur signale que la psychologie du Gorille, de l'Orang-outan et des Gibbons est beaucoup moins connue. En ce qui concerne les Singes non Anthropoïdes, il a fait aussi d'intéressantes remarques au cours de ses missions. Il a, notamment, observé, en Afrique, des Cercopithèques qui établissaient un pont en tirant de part et d'autre les branches de deux arbres surplombant une rivière pour permettre à leur famille de la traverser avec facilité.

M. le Professeur Ach. Urbain a eu le très grand mérite de savoir présenter cette question extrêmement complexe d'une manière rigoureusement scientifique et d'avoir su, en même temps, la rendre intéressante, sans tomber pourtant (ce qui est difficile avec un tel sujet) dans la pure anecdote... faisant état d'une longue expérience murie, sans aucun doute, par de longues réflexions.

Ce livre sera certainement apprécié par les naturalistes et servira aux philosophes de base solide pour leur conception générale sur les rapports de l'intelligence et de l'instinct.

M. Friant.

4° Art de l'Ingénieur.

Ancely (H.). — **Formulaire du bâtiment et des travaux publics.** — *Paris et Liège, Librairie polytechnique Ch. Béranger, s. d. ; 1 vol. 9,5 × 14, relié toile, de* XIII–241 *pages. (Prix : 27 fr. 50.)*

Outre un rappel des diverses notions générales qu'il est d'usage de reproduire dans cette sorte d'ouvrages, ce formulaire traite sommairement les questions suivantes : terrassements, fondations, épuisements, murs de soutènement, maçonneries, légers ouvrages, planchers, ossature en élévation, couvertures, peinture et vitrerie, routes, canalisations, abris contre les bombardements aériens.

On pourra utilement le consulter avant de recourir à des traités plus complets.

Ph. Tongas.

Guillon (H.). — **Les gazogènes. Théorie, pratique, contrôle** — *1 vol. in-8° de 126 p. et 19 fig ;* Chaleur et Industrie, *Paris, 1939 ; (Prix, broché : 30 fr.).*

L'emploi des gazogènes présente, pour l'utilisation des combustibles solides, d'intéressants avantages tels que : précision dans le réglage de la combustion, absence de décrassage des foyers, amélioration du rendement thermique. Or, ainsi que l'écrivait Le Châtelier dans son *Introduction à l'Etude de la Métallurgie*, « cette transformation du charbon en combustible gazeux, très simple à décrire sur le papier, est en fait une opération très difficile à réaliser convenablement ». La remarque est toujours exacte malgré les progrès déjà accomplis.

L'auteur, directeur des essais à l'*Office Central de Chauffe Rationnelle*, possède de la question une précieuse expérience, acquise au contact des multiples cas industriels dont il a eu à connaître comme installateur ou comme conseil. Il examine la théorie de la gazéification, les caractéristiques et la conduite des gazogènes, leur contrôle, enfin les appareils de type spéciaux.

Son étude sera pour les techniciens un guide des plus utiles.

Ph. Tongas.

Place (P.). — **Chemins de Fer.** — *1 vol. 10 × 15 de* CXLIV-*414 p. avec 95 fig. ; collection des agendas Dunod ; Paris, Dunod, 1940. (Prix, relié toile : 26 fr.).*

Cet agenda qui atteint sa 59e édition, constitue un véritable petit manuel, contenant des renseignements nombreux et précis sur les multiples questions qui touchent aux chemins de fer.

Ph. Tongas.

Vaillaud (M.). — **Cours d'automobile.** — *Paris, Eyrolles, 1940 ; 1 vol. 16 × 24,5 de 432 p. avec 305 fig. (Prix, broché : 130 fr.)*

Le cours dont il s'agit est professé devant les élèves-ingénieurs de l'Ecole Nationale Supérieure des P. T. T. par le chef du service automobile de cette administration ; c'est dire que, sans s'adresser à des spécialistes de la technique automobile, il est cependant d'un niveau supérieur aux ouvrages de vulgarisation courants.

Suivant un usage établi et d'ailleurs commode pour le lecteur, cet ouvrage débute par le rappel des principes essentiels de la thermodynamique.

On trouvera notamment, dans le cours de M. Vaillaud, un exposé détaillé des derniers perfectionnements consacrés par l'expérience.

Enfin, un chapitre relativement important est consacré à l'étude des moteurs Diesel dont le champ d'application s'étend rapidement.

Il est intéressant de souligner qu'avant de décrire les principaux organes et d'exposer leur fonctionnement, l'auteur a pris soin de dégager les principes de la réalisation de chacun d'eux.

Ph. Tongas.

Le Gérant : Gaston Doin

Sté Gle d'Imp. et Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 5-41.